



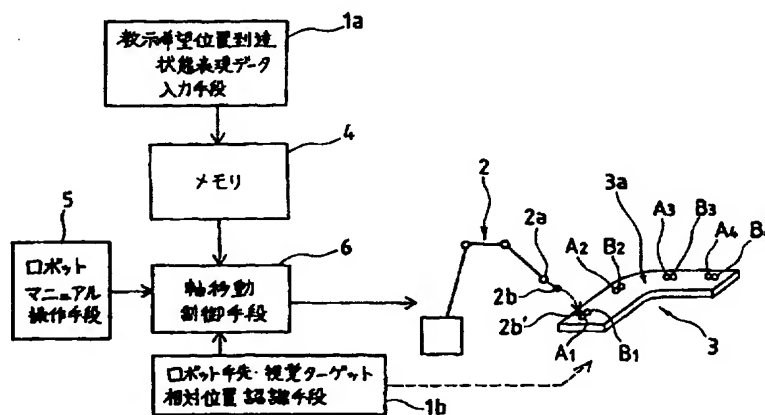
(51) 国際特許分類6 G05B 19/427	A1	(11) 国際公開番号 WO98/06015
		(43) 国際公開日 1998年2月12日(12.02.98)
(21) 国際出願番号 PCT/JP97/02766	JP	組谷英俊(KUMIYA, Hidetoshi)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3513-2 ファナックマンションハリモミ12-305 Yamanashi, (JP)
(22) 国際出願日 1997年8月7日(07.08.97)		(74) 代理人 弁理士 竹本松司, 外(TAKEMOTO, Shoji et al.) 〒105 東京都港区虎ノ門1丁目23番10号 山縣ビル2階 Tokyo, (JP)
(30) 優先権データ 特願平8/223250 1996年8月7日(07.08.96)		(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) ファナック株式会社(FANUC LTD)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580番地 Yamanashi, (JP)		添付公開書類 国際調査報告書
(72) 発明者; および (75) 発明者/出願人 (米国についてののみ) 渡辺 淳(WATANABE, Atsushi)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3517 ファナックハイテックN-3 Yamanashi, (JP) 加藤哲朗(KATO, Tetsuaki)[JP/JP] 〒259-13 神奈川県秦野市渋沢502-12 Kanagawa, (JP) 永山敦朗(NAGAYAMA, Atsuo)[JP/JP] 〒401-05 山梨県南都留郡忍野村忍草3513-2 ファナックマンションハリモミ12-508 Yamanashi, (JP)		

(54) Title: MOVEMENT CONTROL METHOD FOR TEACHING POSITION OF ROBOT

(54) 発明の名称 ロボットの位置教示のための移動制御方法

(57) Abstract

A mark member (A1) is stuck onto a work (3) with a certain relation with a teaching desired position on the work (3). The movement of the robot is autonomously controlled and the position teaching is performed in accordance with the present positions of the robot hand at the respective timings of the robot movement, the positions on a camera coordinate system of the mark member at the respective timings of the robot movement and the postures of the robot viewed from the camera coordinate system, the position on the camera coordinate system of the mark member (A1) when the robot reaches the teaching desired position and the posture of the robot viewed from the camera coordinate system, and the position on the camera coordinate system and the posture of the robot viewed from the robot hand.



1a ... means for inputting data for expressing the state that the robot reaches the teaching desired position

1b ... means for recognizing relative positions of the hand of the robot and the visual target

4 ... memory

5 ... robot manual operating means

6 ... shaft movement control means

(57) 要約

ワーク(3)上の教示希望位置と一定の関係をもってマーク部材(A1)をそのワーク(3)上に貼り付ける。そして、ロボットの移動各時点におけるロボットの手の先の現在位置と、カメラ座標形から見た、ロボットの移動各時点における上記マーク部材における座標形の位置・姿勢と、カメラ座標形から見た、ロボットが教示希望位に到達したときのマーク部材(A1)における座標形の位置・姿勢と、上記ロボットの手の先から見たカメラ座標形位置・姿勢とに基づいて、ロボットを自律的に移動制御して位置教示する。

参考情報

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に記載されたPCT加盟国を特定するために使用されるコード

AL	アルバニア	ES	スペイン	LR	リベリア	SG	シンガポール
AM	アルメニア	FI	フィンランド	LS	レソト	SI	スロヴェニア
AT	オーストリア	FR	フランス	LT	リトアニア	SK	スロヴァキア共和国
AU	オーストラリア	GA	ガボン	LU	ルクセンブルグ	SL	シエラレオネ
AZ	アゼルバイジャン	GB	英国	LV	ラトヴィア	SN	セネガル
BA	ボスニア・エルツェゴビナ	GE	グルジア	MC	モナコ	SZ	スワジランド
BB	バルバドス	GH	ガーナ	MD	モルドヴァ共和国	TG	トーゴ
BE	ベルギー	GM	ガンビア	MG	マダガスカル	TD	チャード
BF	ブルキナ・ファソ	GN	ギニア	MK	マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国	TJ	タジキスタン
BG	ブルガリア	GR	ギリシャ	ML	マリ	TM	トルクメニスタン
BJ	ベナン	HU	ハンガリー	MN	モンゴル	TR	トルコ
BR	ブラジル	ID	インドネシア	MR	モリタニア	TT	トリニダード・トバゴ
BY	ベラルーシ	IE	アイルランド	MW	マラウイ	UG	ウガンダ
CA	カナダ	IL	イスラエル	MX	メキシコ	US	米国
CF	中央アフリカ共和国	IS	アイスランド	NE	ニジェール	UZ	ウズベキスタン
CG	コンゴ	IT	イタリア	NL	オランダ	VN	ヴェトナム
CH	スイス	JP	日本	NO	ノルウェー	YU	ユーゴスラビア
CI	コート・ジボアール	KE	ケニア	NZ	ニュージーランド	ZW	ジンバブエ
CM	カメルーン	KG	キルギスタン	PL	ポーランド		
CN	中国	KP	朝鮮民主主義人民共和国	PT	ポルトガル		
CU	キューバ	KR	大韓民国	RO	ルーマニア		
CZ	チェッコ共和国	KZ	カザフスタン	RU	ロシア連邦		
DE	ドイツ	LC	セントルシア	SD	スーダン		
DK	デンマーク	LI	リヒテンシュタイン	SE	スウェーデン		
EE	エストニア	LK	スリランカ				

明 細 書

ロボットの位置教示のための移動制御方法

技 術 分 野

- 本発明はロボットの位置教示のための移動制御方法に関し、更に詳しく言えば、
- 5 視覚ターゲットとこれを認識する視覚センサを用いてロボットを教示希望位置に素早く移動させるための移動制御方法に関する。

背 景 技 術

- ロボットの位置教示方法として最も一般的に利用されているのは、ジョグ送り（マニュアル入力によるロボット動作）による方法である。この教示方法によれば、オペレータは教示操作盤のジョグ送りボタンを操作してロボットを教示希望位置へ移動させ、その時の位置をロボットに教示するという作業が行なわれる。
- 10 オフライン教示がなされている場合、粗い位置教示が済んでいる場合あるいは教示位置の修正を行なう場合などには、ジョグ送りによる教示位置の微調整が行なわれる。
- 15 いずれにしても、希望する位置へロボットを移動させる作業は、ロボット手先（あるいはエンドエフェクタ）と教示希望点との相対的な位置・姿勢関係を目視により確かめながら行なわれるから、オペレータに熟練を要する。また、教示が必要な点（位置・姿勢）の数は多数に及ぶことが通例であるから、教示作業に多大な時間を費やすことも珍しくない。また、オペレータの目視に頼る教示作業は
- 20 教示精度にバラツキが生じ易く、信頼性の点でも問題があった。

発 明 の 開 示

- 本発明の目的は、教示作業時にオペレータにかかる負担を軽減し、教示作業の効率と信頼性の向上を可能にしたロボットの位置教示のための移動制御方法を提供することにある。
- 25 本発明は上記従来技術の問題点に鑑みてなされたもので、視覚センサと適当な視覚ターゲット手段を利用して、ロボットを自律的に教示希望位置へ移動出来るようにすることで上記従来技術における問題点を解決したものである。

本発明の方法の諸段階には、ロボットの教示希望位置到達状態を表現する教示希望位置到達状態表現データをロボットと視覚センサを含むシステムの制御手段

に記憶させる教示希望位置到達状態記憶段階と、該制御手段によるロボットの移動制御によってロボットを教示希望位置へ移動させる教示希望位置移動段階と、教示位置データを制御手段に記憶させる教示位置記憶段階が含まれる。

5 そして、この教示希望位置移動段階に、教示希望位置への移動を記憶された教示希望位置到達状態表現データに基づいて自律的に行なわせる自律移動実行段階が含まれていることが、本発明の重要な特徴である。

10 この自律移動を可能にするために、教示希望位置到達状態表現データは、視覚センサによって認識可能な視覚ターゲット手段を用いて表現された、視覚センサから見て教示希望位置到達状態と等価な教示希望位置到達等価状態を、前記視覚センサが認識することを通して取得される。

 また、視覚ターゲット手段は、自律移動段階においては、視覚センサによって認識されることを通してロボットを前記教示希望位置へ案内するための案内視覚ターゲット手段として用いられる。

15 自律移動のために制御手段内で実行されるソフトウェア処理は、視覚センサによる案内視覚ターゲット手段の認識状態が、教示希望位置到達状態表現データに対応する認識状態と一致するようにロボットを誘導するように実行される。

 視覚ターゲット手段は、視覚センサによって認識可能なマーク座標系を含むマーク手段の形態をとることが出来る。その場合、教示希望位置到達状態記憶段階で記憶される教示希望位置到達状態表現データには、画像上におけるマーク座標系20 の位置・姿勢を表わすデータが含まれることになる。一方このマーク手段は、ロボットの自律移動のための案内視覚ターゲット手段を提供するために、教示希望位置と一定の相対関係を持つ位置にマーク座標系を用意するために使用される。そして、制御手段内で実行されるソフトウェア処理に基づく移動制御により、視覚センサによるマーク座標系の認識状態が、教示希望位置到達状態表現データに25 対応する認識状態と一致するようにロボットが誘導される。

 マーク手段には、教示作業の対象とされる代表ワークの面上に固定可能なマーク部材を用いることが出来る。このマーク部材上には、マーク座標系がドットパターンなどで描かれる。

 別の利用可能な視覚ターゲット手段の形態として、ロボットに支持された光ビ

ーム投光手段によって投光面上に形成される光スポットがある。このような光スポットを視覚ターゲット手段として使用する場合、教示希望位置到達状態記憶段階において、教示希望位置到達等価状態を視覚センサに対して用意するために、光スポットをロボットの教示対象点（教示希望位置に一致させようとする点のこと。通常は、ツール先端点；TCPである。）に一致する位置に形成するための参照投光面が配置される。

光ビーム投光方向を調整し、該参照投光面上の教示対象点位置に光スポットを形成する。この状態は、視覚センサにとっての教示位置到達等価状態に相当している。そこで、視覚センサによって光スポットが認識され、光スポットの画像上の位置を表わすデータを含むように教示希望位置到達状態表現データが取得される。

自律移動段階は、参照投光面を除去し、且つ、教示希望位置到達等価状態においてカメラから見た光ビーム投光方向を維持した状態で実行される。即ち、自律移動実行段階におけるロボットの移動制御は、教示希望位置の存在する面上に光ビームを投光して形成される光スポットを案内視覚ターゲット手段として用いて行なわれる。ロボットの移動制御のためのソフトウェア処理は、視覚センサによる光スポットの認識状態が、教示希望位置到達状態表現データに対応する認識状態と一致するようにロボットを誘導するように実行される。

教示希望位置への自律移動に先だって、教示希望位置への予備的なアプローチを行なうためにジョグ送りを行なうようにしても良い。その際、ジョグ送り段階から自律移動段階への移行は、視覚センサの出力に基づく制御手段内の処理によって自動的に行なわれることが好ましい。

また、教示希望位置への自律移動実行段階におけるソフトウェア処理は、当該時点において視覚センサによって認識される案内視覚ターゲット手段の画像上の位置を表わすデータと教示希望位置到達状態表現データとを比較する処理と、比較結果に基づいてロボットの各軸を移動制御するための処理と、教示希望位置到達状態の完了／未完了を判定する処理を、教示希望位置到達状態完了の判定がなされるまで逐次的に繰り返すとする事が出来る。

本発明においては、教示希望位置に到達した際に観測されるところの視覚ター

ゲット手段の画像上の位置のデータが予め入力され、教示希望位置への自律移動時には、視覚ターゲット手段を視覚センサで観測することでロボット移動のナビゲート指標のように用い、ロボットを教示希望位置へ向けて誘導させる。

5 この特徴により、オペレータに負担をかけることなく教示希望位置到達状態が効率的に達成される。また、ジョグ送りから自律移動への移行をシステム内の自動切換で行うことで、位置教示作業時のロボットの至便性を更に向上させることも出来る。従って、教示希望位置の数が多数あるような場合でも、教示作業の負担が少なくすむ。

図面の簡単な説明

10 図1は、本発明に従ったロボットの位置教示のための移動制御方法の全体像を概念的に説明する図である。

図2は、本実施形態で使用するシステムのハードウェア構成の概略をロボット制御装置を中心とした要部ブロック図で示したものある。

図3は、教示操作盤40のパネル面の概略構成を示す図である。

15 図4は、方式1による実施形態における自律移動の動作を説明する図である。

図5は、方式1による実施形態で使用するマーク部材の構成を説明する図である。

図6は、方式1による実施形態において、カメラがマーク座標系を見る視線方向を記述するベクトルについて説明する図である。

20 図7は、方式1による実施形態における教示希望位置自律移動に必要なアルゴリズムの概要を説明する図である。

図8は、方式1による実施形態における教示希望位置自律移動の処理の概要を記したフローチャートである。

25 図9は、方式2による実施形態における準備作業の諸段階の内PR1～PR3を説明するための図である。

図10は、方式2による実施形態における準備作業の諸段階の内PR4～PR6を説明するための図である。

図11は、方式2による実施形態における教示作業の諸段階の内TH1～TH3を説明するための図である。

図12は、方式2による実施形態における教示作業の諸段階の内TH4、TH5を説明するための図である。

図13は、方式2による実施形態において、ベクトル<eh>を求める方法を説明する図である。

5 図14は、方式2による実施形態に関して、ベクトル<dm>、<ds>について説明する図である。

図15は、方式2による実施形態における自律移動の制御のための処理のアルゴリズムの概要を記したフローチャートの前半部分(L1～L12)である。

10 図16は、方式2による実施形態における自律移動の制御のための処理のアルゴリズムの概要を記したフローチャートの後半部分(L13～L19)である。

図17は、方式1あるいは方式2による実施形態において、ジョグ送りのモードから自律移動のモードへの切替をシステム内部で行なう場合について、教示操作盤の操作手順と処理の概要をフローチャートで示したものである。

発明を実施するための最良の形態

15 図1は、本発明に従ったロボットの位置教示のための移動制御方法の全体像を概念的に説明する図である。符号1aは教示希望位置到達状態を表現するデータを入力する教示希望位置到達状態表現データ入力手段を表わしている。この教示希望位置到達状態表現データ入力手段1aは、視覚ターゲットB1他に対するロボット2の教示希望位置への移動が完了した状態における、視覚ターゲットB1
20 とロボット手先2aの相対的な位置関係を表現するデータ（以下、「教示希望位置到達状態表現データ」と言う。）を予めメモリ4に入力しておく機能を有している。

教示希望位置は、代表ワーク3の面3a上の4個の符号A1～A4で例示されている。A1～A4の各近傍に描かれた符号B1～B4は、A1～A4の表わす
25 位置を代表する視覚ターゲット手段であり、各対応する教示希望位置A1～A4と一定の関係を以て与えられる。視覚ターゲット手段の具体例については後述する。通常の形態においては、各視覚ターゲット位置B1～B4と各教示希望位置A1～A4とは近接してはいるが一致はしないように与えられるが、場合によっては両者を一致させることも可能である。

符号 2 a はロボットの手先位置を表し、符号 2 b はロボットの教示対象点（通常はツール先端点；T C P）を表わしている。以下の説明において、ロボットの手先位置 2 a は最終アーム先端のフランジ上に設定された座標系の原点で代表させるものとする。

5 実際の作業時にあたっては、オペレータがジョグ送りボタン等のロボットマニュアル操作手段（ロボット動作指令マニュアル入力手段；教示操作盤など）5 を操作し、軸移動制御手段 6 にロボット 2 の各軸を制御させ、教示希望位置への移動を開始させる。この移動開始時から、あるいは移動開始後のある時点から、教示希望位置への自律的な移動のための移動制御が行なわれる。この自律的移動の
10 ための移動制御は、教示希望位置到達状態表現データ入力手段 1 a によって入力された教示希望位置到達状態表現データと、各時点におけるロボット手先（これに固定されたカメラ等）と視覚ターゲット手段との間の相対的な位置関係を表わす相対位置認識データに基づいて行われる。

15 上記の相対位置認識データは、移動制御の過程において、ロボット手先視覚ターゲット間相対位置認識手段 1 b によって少なくとも 1 回与えられる。教示希望位置到達状態においては、当然、T C P 2 b は教示希望位置の一つ A 1 （または A 2 ～ A 4 内の一つ）と一致する（符号 2 b' で例示）。

20 後述するように、教示希望位置到達状態表現データ入力手段 1 a 及び相対位置認識手段 1 b は、視覚センサを利用する形で具体化される。また、視覚ターゲット手段 B 1 ～ B 4 は、視覚センサによって認識可能なマーク座標系あるいはレーザービームによって形成される光スポットの形で具体化される。以下の説明では、視覚ターゲット手段をマーク座標系の形で具体化する形態を「方式 1」と呼び、レーザービームによって形成される光スポットの形で具体化する形態を「方式 2」と呼ぶ。

25 図 2 は、本実施形態で使用するシステムのハードウェア構成の概略をロボット制御装置を中心とした要部ブロック図で示したものがある。符号 3 0 で全体を指示されたロボット制御装置にはプロセッサボード 3 1 が装備され、このプロセッサボード 3 1 はマイクロプロセッサからなる中央演算処理装置（以下、C P U と言う。）3 1 a、R O M 3 1 b 並びに R A M 3 1 c を備えている。

CPU 31 a は、ROM 31 b に格納されたシステムプログラムに従ってロボット制御装置全体を制御する。RAM 31 c には、作成済みの動作プログラムや各種設定値等の他に、教示希望位置への自律移動を方式 1 あるいは方式 2 に従って実行するに必要なロボット側の処理を定めたプログラムと関連設定値等が格納
5 される。また、RAM 31 c の一部は CPU 31 a が実行する計算処理等の為の一時的なデータ記憶に使用される。なお、プログラムデータや設定値の保存には、適宜外部装置として用意されたハードディスク装置などが利用される。

プロセッサボード 31 はバス 37 に結合され、このバス結合を介してロボット制御装置 30 内の他の部分との間で、指令やデータの授受が行なわれるようにな
10 っている。先ず、デジタルサーボ制御回路 32 がプロセッサボード 31 に接続されており、CPU 31 a からの指令を受けて、サーボアンプ 33 を経由してサーボモータ 51 ~ 56 を駆動する。各軸を動作させるサーボモータ 51 ~ 56 は、ロボット 2 の各軸の機構部に内蔵されている。

通信用インターフェイスを内蔵したシリアルポート 34 は、バス 37 に結合される一方、液晶表示部付の教示操作盤 40、画像処理装置 20 並びにレーザ発振器 60 に接続されている。但し、レーザ発振器 60 は方式 2 で使用されるもので、
15 方式 1 では不要である。

教示操作盤 40 は、オペレータにより持ち運びができる程度の大きさや重さを有し、そのパネル上にはロボットマニュアル操作手段として使用されるジョグ送りボタン等が設けられている。この他、バス 37 には、デジタル信号用の入出力装置（デジタル I/O）35、アナログ信号用の入出力装置（アナログ I/O）36 が結合されている。エンドエフェクタとの信号授受が必要な場合、エンドエフェクタの制御部は、デジタル I/O 35 あるいはアナログ I/O 36 に
20 接続される。後述する例では、アーク溶接ロボットのアプリケーションを考えているので、デジタル I/O 35 にはアーク溶接トーチの電源装置が接続される。

画像処理装置 20 は、CPU にプログラムメモリ、フレームメモリ、画像処理プロセッサ、データメモリ、カメラインターフェイス等をバス結合させた通常のものである。画像処理装置 20 は、カメラインターフェイスを介してカメラ 21 が接続されている。このカメラは、後述する態様で視覚ターゲット手段の画像を
25

取得するための撮影に使用される。プログラムメモリには、方式1あるいは方式2で必要とされる画像解析用のプログラムデータが格納される。

図3は、教示操作盤40のパネル面の概略構成を示す図である。表示画面41は例えば液晶画面であり、移動指令プログラムの詳細データ等が切替え表示される。ファンクションキー42は、表示画面41の下端部に表示されるメニューを選択するキーである。教示操作盤有効スイッチ43は、教示操作盤40の操作が有効か無効かを切り換えるスイッチである。

非常停止ボタン44は、ロボット2の動作を非常停止させるボタンである。カーソルキー45は、表示画面41上で表示されるカーソルの移動を行うキーである。テンキー部46には、数字キーやその他のキーが設けられており、数値および文字の入力、削除等を行うことができる。

一連のジョグ送りボタン47（J1～J6）は、従来方法のジョグ送りを行う通常モードでは、並進／回転方向及び+-方向を指定して移動指令の入力を行うボタンであるが、本実施形態（自律移動モード）では、後述するように、教示希望位置への自律移動指令入力手段として使用する。

以上の事項を前提に、方式1と方式2について実施形態の詳細を以下に説明する。

[方式1]

[1] 概要

図4は、方式1による実施形態における自律移動の動作を説明する図である。図1と同じく符号3で指示された代表ワークの面3a上には、希望する教示点A1～A4の数に見合った数（ここでは4個）のマーク部材MK1～MK4が貼付されている。各マーク部材上には、後述するように、同一のマーク座標系がドットパターンで描かれている。マーク部材MK1は、教示希望点A1の位置・姿勢に正確に対応するような位置・姿勢を以て貼付されている。同様に、マーク部材MK2～MK4は、教示希望点A2～A4の位置・姿勢に各々正確に対応するような位置・姿勢を以て貼付されている。

ロボット（手先部周辺のみを図示している）は、手先部に溶接トーチ2cとカメラ21を搭載しており、TCP2bは溶接トーチ2c先端に設定されている。

本実施形態では、ロボットを移動開始位置 P_s から出発して、溶接トーチ $2c$ の先端に設定された $TCP\ 2b$ を教示希望点 $A1 \sim A4$ に順次自律移動させ、各教示希望位置で位置教示を行なうケースを考える。なお、自律移動の開始位置 P_s は最初のマーク $MK\ 1$ がカメラ 21 の視野に入る位置であれば、一般には任意である。

図5は、方式1による実施形態で使用するマーク部材の構成を説明する図である。同図を参照すると、マーク座標系 ΣM は、マーク部材 MK 上に間隔 a を以て格子状に配列された5個の円形ドット $D0, D1, D-1, D2, D-2$ で構成されている。ドット間隔 a は正の一定値である。従って、各ドットの中心位置は、
10 $D0(0, 0, 0), D1(a, 0, 0), D-1(-a, 0, 0), D2(a, a, 0), D-2(-a, a, 0)$ となる。なお、3次元直交座標系を表現出来るものであれば、他のパターンでマーク座標系を構成しても良い。

マーク部材 MK の適当な定位置には穴 MH が設けられている。この穴 MH は教示希望位置を指し示すもので、代表ワーク3の面 $3a$ 上に貼付する際には、その
15 代表点（例えば、中心）が教示希望位置と一致するように貼付位置が選ばれる。貼付姿勢はマーク座標系 ΣM の向きを参照して選ぶ。即ち、貼付姿勢が異なると、後に教示される姿勢も異なって来る。例えば、図4における $MK\ 1$ と $MK\ 4$ の貼付姿勢は 90 度違うため、後に教示される姿勢も 90 度異なったものとなる。

[2] 準備（カメラのキャリブレーションと教示希望位置到達状態表現データの
20 取得）

1. 作業開始に先だって、適当なキャリブレーション法を適用してカメラのキャリブレーションを行なっておく。カメラのキャリブレーションには種々の手法が知られているが、ここに示したマーク部材を利用することも出来る。その概略については、説明の都合上、後で述べる。

25 2. 教示希望位置到達状態表現データの取得作業を行なう。まず、マーク部材 MK を適当な位置に固定する。勿論、代表ワーク3に貼付されたマーク部材の一つをそのまま使用することも出来る。

まず、通常モード（従来方法）のジョグ操作によってロボットを移動させ、ツール先端点 $2b$ をマーク部材 MK の穴 MH の代表点 MA に一致させ、教示希望姿

勢をとらせる。これにより、マーク部材MKに関して教示希望位置到達状態が実現されたことになる。

3. マーク部材MKに関して教示希望位置到達状態を実現したら、ロボット制御装置30を介してカメラ21による撮影を行なわせ、教示希望位置到達状態表現データを作成するための画像を取得する。

4. 取得された画像は画像処理装置20内で画像処理され、カメラ21のカメラ座標系に対するマーク座標系 ΣM の相対的な位置姿勢を表わすデータが作成される(詳細は後述)。

[3] 方式1における教示希望位置自律移動時の処理

図4に示したアプローチ開始位置 P_s (フランジ位置で表現)から自律教示希望位置への移動を開始して、教示希望位置 P_t (フランジ位置で表現)への移動を達成するための処理のアルゴリズムを説明する。なお、以下の説明において、記号<>はベクトルを表わすために使用する。

1. アルゴリズムの骨格

図7は、自律的な教示希望位置への移動に必要なアルゴリズムの骨格を記したものである。フランジの現在位置(教示希望位置への移動中の各時点における位置) T_0 、カメラ座標系とマーク座標系の現在相対位置(教示希望位置への移動過程における各時点における相対位置) M_0 と、教示希望位置到達状態におけるフランジ位置 T_g 、教示希望位置到達状態におけるカメラ座標系とマーク座標系の相対位置(目標相対位置) M_g との幾何学的な関係は、図4中に記されているようなものである。

そして、 M_g は上記準備作業で取得される教示希望位置到達状態表現データに相当するものである。また、 C はフランジから見たカメラ座標系の位置・姿勢を表現する行列であり、そのデータはカメラ21のキャリブレーションによって得られる。これら T_0 、 M_0 、 T_g 、 M_g の間の関係を規定する基本方程式は下記のようなになる。

$$T_0 \ C \ M_0 = T_g \ C \ M_g \quad \dots (1)$$

従って、これを T_g について解いた次式(2)がロボットの直交座標系上での移動目標位置を表わす基本式となる。

$$T_g = T_0 \ C M_0 \ M_g^{-1} \ C^{-1} \quad \dots (2)$$

この T_g を最終的な移動目標点とする位置指令をサーボに与えれば、ロボットを教示希望位置へ向けて自律的に移動させることが出来る。故に、教示希望位置への自律移動のアルゴリズムを定めることは、(2)式の右辺を具体的に求める問題に帰着する。

(2)式の右辺中、 T_0 はロボットの現在位置データを表わしており、随時ロボット制御装置内で得られる性質のデータである。 C のデータは適当なカメラキャリブレーションによって別途獲得されるものである(キャリブレーションの例は後述)。そこで、 M_0 及び M_g の求め方から説明する。

2. M_0 及び M_g の方程式

M_0 , M_g は、いずれもカメラ座標系から見たマーク座標系 Σ_M の位置・姿勢(現在及びアプローチ完了時)を表わしている。

本実施形態で用いられるマーク座標系 Σ_M (図5参照)を構成する円形ドット D_0 , D_1 , D_{-1} , D_2 , D_{-2} の配列間隔 a は正の一定値であるから、

$$a > 0 \quad \dots (3)$$

である。 M_0 と M_g は、3次元直交座標系間の位置・姿勢の関係を表現する 4×4 の同次変換行列であり、次式(4)のように置くことが出来る。

$$M = \begin{bmatrix} R_M & l_M \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

ここで、 R_M は回転を表わす 3×3 行列、 l_M は位置を表わす 3×1 行列(ベクトル)である。以下、 M_0 と M_g が満たす方程式として、 R_M と l_M が満たす方程式を求めることを考える。先ず、次式(5)、(6)でベクトル $\langle e_1 \rangle$, $\langle e_2 \rangle$ を定義する。

$$\langle e_1 \rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

$$\langle e_2 \rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

5 マーク座標系 ΣM に関して視覚センサから得られる情報は、各円形ドット D_0 , D_1 , D_{-1} , D_2 , D_{-2} の中心がカメラ座標系の原点から見える方向（視線方向）である。これらの方向は、図 6 に示したように、5 個の単位ベクトル $\langle d_0 \rangle$, $\langle d_1 \rangle$, $\langle d_{-1} \rangle$, $\langle d_2 \rangle$, $\langle d_{-2} \rangle$ で表わすことが出来る。

これらベクトルの内積について、次式 (7) で定義される δ_{ij} を導入する。

$$\delta_{ij} = \langle d_i \rangle \cdot \langle d_j \rangle \quad (i, j = -2, -1, 0, 1, 2) \quad \dots (7)$$

10 ここで、 $\langle d_0 \rangle$, $\langle d_1 \rangle$, $\langle d_{-1} \rangle$, $\langle d_2 \rangle$, $\langle d_{-2} \rangle$ の長さはすべて 1 であるから、 δ_{ij} の絶対値は 1 を越えることはない。

$$|\delta_{ij}| \leq 1 \quad (\text{等号成立の必要十分条件は } i = j) \quad \dots (8)$$

また、カメラ座標系原点から各ドット中心までの距離は不明であるが、これを t_i ($i = -2, -1, 0, 1, 2$) と置く。当然これらは正の値をとる。

$$15 \quad t_i > 0 \quad (i = -2, -1, 0, 1, 2) \quad \dots (9)$$

すると、次の方程式 (10) ~ (12b) が得られる。

$$t_0 \langle d_0 \rangle = l_M \quad \dots (10)$$

$$t_1 \langle d_1 \rangle = l_M + a R_M \langle e_1 \rangle \quad \dots (11a)$$

$$t_{-1} \langle d_{-1} \rangle = l_M - a R_M \langle e_1 \rangle \quad \dots (11b)$$

$$20 \quad t_2 \langle d_2 \rangle = t_1 \langle d_1 \rangle + a R_M \langle e_2 \rangle \quad \dots (12a)$$

$$t_{-2} \langle d_{-2} \rangle = t_{-1} \langle d_{-1} \rangle + a R_M \langle e_2 \rangle \quad \dots (12b)$$

従って、 t_i を求めながらこれらの方程式を R_M と l_M に関して解いて行けば、 M_0 , M_g を定めることが出来る。具体的な解法については、4. M_0 及び M_g の求め方の項で説明することにし、カメラ座標系の位置・姿勢を表わす C について簡単に触れておく。

3. C の方程式

C はフランジから見たカメラ座標系の位置・姿勢を表現する行列であり、そのデータはカメラ 21 のキャリブレーションによって得られる。キャリブレーションについては種々の手法が公知になっており、それらを利用することが出来るが、

マーク座標系 ΣM を用いてもカメラ 21 のキャリブレーションを行なうことも出来る。ここでは、その要点のみを簡単に記しておく。

図 4 中に符号 CB1 ~ CB3 で示したような異なる 3 点において、カメラ 21 による撮影を各々実行し、画像処理を行なって、マーク座標系 ΣM とカメラ座標系の原点の間の相対位置に関するデータ P_i ($i=1, 2, 3$) を得る。それらと各撮影時のロボット位置のデータ T_i ($i=1, 2, 3$) を組み合わせると、次の 3 組の方程式が得られる。なお、 P_i ($i=1, 2, 3$) を求める要領は M_0 や M_g と同様である。

$$T_1 C P_1 = T_2 C P_2 = T_3 C P_3 \quad \dots (13)$$

3 点 CB1 ~ CB3 のロボットの姿勢が互いに異なる条件下では、この方程式を C に関して解くことが可能である。この条件を (14) とする。

$$\text{条件: } T_1, T_2, T_3 \text{ の各姿勢成分は互いに異なる} \quad \dots (14)$$

求められた C のデータは、ロボット制御装置あるいは画像処理装置に記憶される。なお、方程式の解法については、5. C の求め方で補足説明を行なう。

4. M_0 及び M_g の求め方

方程式 (10), (11a), (11b), (12a), (12b) を解いて R_M, l_M を求めるにあたって、先ず t_i ($i=-2, -1, 0, 1, 2$) を求めることを考える。そのために、次式 (15) の置き換えを行う。

$$\langle r_M \rangle = \begin{bmatrix} r_{Mx} \\ r_{My} \\ r_{Mz} \end{bmatrix} = R_M^{-1} \langle l_M \rangle \quad \dots (15)$$

そして、これを用いて方程式 (10), (11a), (11b) を次式 (16) ~ (18) のように変形する。

$$\langle r_M \rangle = t_0 R_M^{-1} \langle d_0 \rangle \quad \dots (16)$$

$$\langle r_M \rangle + a \langle e_1 \rangle = t_1 R_M^{-1} \langle d_1 \rangle \quad \dots (17)$$

$$\langle r_M \rangle - a \langle e_1 \rangle = t_{-1} R_M^{-1} \langle d_{-1} \rangle \quad \dots (18)$$

ここで、 R_M^{-1} が回転を表わす行列であることに注意すると、次式 (19) が成立する。

$$(R_M^{-1} \langle d_i \rangle) \cdot (R_M^{-1} \langle d_j \rangle) = \langle d_i \rangle \cdot \langle d_j \rangle$$

$$(i, j = -2, -1, 0, 1, 2) \quad \dots (19)$$

この(19)式と、(5)～(8)式及び(16)～(18)式を用いると、次の関係式(20)～(23)が得られる。

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 = t_0^2 \quad \dots (20)$$

$$5 \quad \| \langle r_M \rangle \|^2 + 2 a r_{Mx} + a^2 = t_1^2 \quad \dots (21a)$$

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 - 2 a r_{Mx} + a^2 = t_{-1}^2 \quad \dots (21b)$$

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 + a r_{Mx} = t_0 t_1 \delta_{0,1} \quad \dots (22a)$$

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 - a r_{Mx} = t_0 t_{-1} \delta_{0,-1} \quad \dots (22b)$$

$$\delta_{0,1}^2 < 1, \delta_{0,-1}^2 < 1 \quad \dots (23)$$

10 これらの式から条件(3), (9)と式(22a), (22b)から、 $\| \langle r_M \rangle \|^2 + a r_{Mx}$ と $a \delta_{0,1}$ 、 $\| \langle r_M \rangle \|^2 - a r_{Mx}$ と $a \delta_{0,-1}$ とが各々同符号になる事に注意して整理すれば、次式(24a)～(25b)が得られる。

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 + a r_{Mx} = a \alpha_+ \sqrt{r_{My}^2 + r_{Mz}^2} \quad \dots (24a)$$

$$15 \quad \| \langle r_M \rangle \|^2 - a r_{Mx} = a \alpha_- \sqrt{r_{My}^2 + r_{Mz}^2} \quad \dots (24b)$$

$$\text{但し、} \quad \alpha_+ \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\delta_{0,1}}{\sqrt{1 - \delta_{0,1}^2}} \quad \dots (25a)$$

$$20 \quad \alpha_- \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\delta_{0,-1}}{\sqrt{1 - \delta_{0,-1}^2}} \quad \dots (25b)$$

式(24a), (24b)は更に変形すると、次式(26), (27)が得られる。

$$\| \langle r_M \rangle \|^2 = (a^2 \beta_+^2) / (1 + \beta_-^2) \quad \dots (26)$$

$$r_{Mx} = (a \beta_+ \beta_-) / (1 + \beta_-^2) \quad \dots (27)$$

25 但し、 β_+ , β_- は次式(28a), (28b)で定義されるものとする。

$$\beta_+ = (\alpha_+ + \alpha_-) / 2 \quad \dots (28a)$$

$$\beta_- = (\alpha_+ - \alpha_-) / 2 \quad \dots (28b)$$

そして、式(20) (21a), (21b)に式(26) (27)を代入して条件(3), (9)を用いれば、 t_0 , t_1 及び t_{-1} が次式(29) (30a), (30b)で求ま

る。

$$t_0 = a \sqrt{\frac{\beta +^2}{1 + \beta^{-2}}} \quad \dots (29)$$

5

$$t_1 = a \sqrt{\frac{1 + \alpha +^2}{1 + \beta^{-2}}} \quad \dots (30a)$$

10

$$t_{-1} = a \sqrt{\frac{1 + \alpha^{-2}}{1 + \beta^{-2}}} \quad \dots (30b)$$

これらを用いて更に、 t_2 、 t_{-2} 、 $\langle IM \rangle$ 及び RM が次のように求められる。

$$t_2 = \frac{t_1 - t_{1\delta 1, -1}}{t_{1\delta 1, 2} - t_{1\delta -1, 2}} t_1 \quad \dots (30c1)$$

($t_{1\delta 1, 2} - t_{1\delta -1, 2} \neq 0$ の場合)

15

$$t_{-2} = \frac{t_{-1} - t_{1\delta 1, -1}}{t_{-1\delta -1, -2} - t_{1\delta 1, -2}} t_{-1} \quad \dots (30c2)$$

($t_{1\delta 1, 2} - t_{1\delta -1, 2} = 0$ の場合)

$$\langle IM \rangle = t_0 \langle d_0 \rangle \quad \dots (30d)$$

$$\langle RM \rangle = (\langle f_1 \rangle \langle f_2 \rangle \langle f_3 \rangle) \quad \dots (30e)$$

20

$$\text{但し、} \langle f_1 \rangle = \frac{1}{2a} (t_1 \langle d_1 \rangle - t_{-1} \langle d_{-1} \rangle) \quad \dots (30f)$$

25

$$\langle f_2 \rangle = \begin{cases} \frac{1}{a} (t_2 \langle d_2 \rangle - t_1 \langle d_1 \rangle) \\ \quad (t_{1\delta 1, 2} - t_{1\delta -1, 2} \neq 0 \text{ の場合}) \quad \dots (30g) \\ \frac{1}{a} (t_{-2} \langle d_{-2} \rangle - t_{-1} \langle d_{-1} \rangle) \\ \quad (t_{1\delta 1, 2} - t_{1\delta -1, 2} = 0 \text{ の場合}) \end{cases}$$

$$\langle f_3 \rangle = \langle f_1 \rangle \times \langle f_2 \rangle \quad \dots (30h)$$

5. Cの求め方

前述の条件 (14) の下で、前述の方程式 (13) を解く。方程式 (13) を変形すると、次の (31) , (32) が得られる。

$$C^{-1} T_1^{-1} T_3 C = P_1 P_3^{-1} \quad \dots (31)$$

$$5 \quad C^{-1} T_2^{-1} T_3 C = P_2 P_3^{-1} \quad \dots (32)$$

ここで次式 (33) ~ (37) に従った置き換えを行なう。

$$10 \quad \begin{bmatrix} R_C & I_C \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \stackrel{\text{def}}{=} C \quad \dots (33)$$

$$\begin{bmatrix} R_1 & I_1 \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \stackrel{\text{def}}{=} T_1^{-1} T_3 \quad \dots (34)$$

$$15 \quad \begin{bmatrix} R_2 & I_2 \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \stackrel{\text{def}}{=} P_1 P_3^{-1} \quad \dots (35)$$

$$\begin{bmatrix} R_3 & I_3 \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \stackrel{\text{def}}{=} T_2^{-1} T_3 \quad \dots (36)$$

$$20 \quad \begin{bmatrix} R_4 & I_4 \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \stackrel{\text{def}}{=} P_2 P_3^{-1} \quad \dots (37)$$

すると、方程式 (31) , (32) は次の式 (38) ~ (41) に分解される。

$$R C^{-1} R_1 R C = R_2 \quad \dots (38)$$

$$R C^{-1} R_3 R C = R_4 \quad \dots (39)$$

$$25 \quad (I - R_1) < I_C > = < I_1 > - R C < I_2 > \quad \dots (40)$$

$$(I - R_3) < I_C > = < I_3 > - R C < I_4 > \quad \dots (41)$$

従って、RC 及び < I_C > を求めることが目標となる。ここで、方程式 (38) , (39) の形から、回転行列間の相似 $R_1 \sim R_2$, $R_3 \sim R_4$ 及びそれらの相似関係を表現する相似変換行列がともに RC であることが判る。

そこで、 R_i ($i=1, 2, 3, 4$) の回転方向を表わすベクトルを $\langle v_i \rangle$ ($i=1, 2, 3, 4$) として、次式 (42), (43) が得られる。ここで、 $\langle v_i \rangle$ ($i=1, 2, 3, 4$) は、条件 (14) と定義式 (34), (36) から一意的に定めることが出来る。

$$\langle v_1 \rangle = RC \langle v_2 \rangle \quad \dots (42)$$

$$5 \quad \langle v_3 \rangle = RC \langle v_4 \rangle \quad \dots (43)$$

更に、次式 (44) の関係を用いれば、 RC を求めることが出来る。

$$\begin{aligned} & (\langle v_1 \rangle, \langle v_3 \rangle, \langle v_1 \rangle \times \langle v_3 \rangle) \\ & = RC (\langle v_2 \rangle, \langle v_4 \rangle, \langle v_2 \rangle \times \langle v_4 \rangle) \quad \dots (44) \end{aligned}$$

方程式 (40), (41) に関しては、次式 (45) の形にひとまとめにして、最小
10 2 乗法を適用すれば $\langle l_C \rangle$ が求められる。

$$\begin{bmatrix} 1 & -R_1 \\ 1 & -R_3 \end{bmatrix} \langle l_C \rangle = \begin{bmatrix} \langle l_1 \rangle \\ \langle l_3 \rangle \end{bmatrix} - RC \begin{bmatrix} \langle l_2 \rangle \\ \langle l_4 \rangle \end{bmatrix} \quad \dots (45)$$

15 6. 方式 1 による移動制御の処理フローの概略

以上 1. ~ 5. の説明事項を前提として、方式 1 における準備作業と自律教示希望位置への移動のための処理フローの概略を説明する。先ず、準備作業について補足すれば、次のようになる。

(1) 作業開始に先だって、上記 3. で説明したように、3 つの位置 $CB_1 \sim$
20 CB_3 にロボットを順次移動させる。

(2) 各位置 $CB_1 \sim CB_3$ で、代表ワーク 3 上のマーク部材 MK_1 のマーク座標系 Σ_M (1 個) の画像を取得し、画像処理装置 20 内の画像処理によって各ドット中心の視線方向を表わすデータを取得する。

(3) 上記 5. で説明したアルゴリズムに従った処理を画像処理装置 20 内で
25 行い、カメラ座標系 C のデータ (RC , $\langle l_C \rangle$ のデータ) を算出・記憶する。

(4) カメラキャリブレーションが完了したら、ロボットを図 4 に示した位置 P_t に移動させ、マーク MK_1 に対する教示希望位置到達状態を現出させる。

(5) マーク座標系 Σ_M の画像を取得し、画像処理装置 20 内の画像処理によって各ドット中心の視線方向を表わすデータを取得する。

(6) 上記 1. 2. 4. で説明したアルゴリズムに従った処理を画像処理装置 20 内で行い、教示希望位置到達状態表現データ (Mg のデータ) を算出・記憶する。

5 教示希望位置への自律的な移動は、図 8 のフローチャートに示したように、次の諸ステップを含む処理サイクルによって実行される。

[K 1] < d 0 >, < d 1 >, < d -1>, < d 2 >, < d -2>を画像処理で求め、M0 を計算する。

10 [K 2] 記憶されている Mg のデータとステップ K 1 で求めた < d 0 >, < d 1 >, < d -1>, < d 2 >, < d -2>から計算される M0 とを比較し、両者の一致／不一致を判定する。一致していれば教示希望位置への到達状態を意味するから、ステップ K 6 へ進む。不一致であれば、教示希望位置に到達していないことを意味するから、ステップ K 3 ~ K 5 を経由してステップ K 1 へ戻る。Mg と M0 の一致度の評価には種々のアルゴリズムが利用出来る。例えば、次式 (46) で判定指標 Δ を算出し、Δ < ε (ε は十分小なる正値) であればアプローチ完了、
15 Δ ≥ ε であればアプローチ未完了とすれば良い。

$$\begin{aligned} \Delta = & \left\| (M_0 - M_g) \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\|^2 + \left\| (M_0 - M_g) \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \right\|^2 \\ & + \left\| (M_0 - M_g) \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \right\|^2 + \left\| (M_0 - M_g) \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \right\|^2 \cdots (46) \end{aligned}$$

[K 3] ロボットの手先 (フランジ上に設定された座標系の原点) の位置・姿勢を表わす 4 行 4 列の行列 T0 を計算・記憶する。

25 [K 4] 準備作業で取得したデータ (C, Mg のデータ) と上記説明したアルゴリズムを用いて、(2) 式の右辺を計算し、直交移動目標位置 Tg を求める。

[K 5] 直交移動目標位置 Tg へ向かうための移動指令を作成してサーボへ渡し、ロボットを移動させる。

システムが無誤差の完璧なものであれば、以上のステップ K 1 ~ K 5 の 1 サイクルで教示希望位置到達状態に至る筈であるが、実際には視覚センサの誤差、計

算の誤差等のために、教示希望位置到達状態は、逐次近似的に達成される。

〔K 6〕 ロボットを停止させて処理を終了する。

〔方式 2〕

〔1〕 概要

5 方式 2 による実施形態においては、視覚ターゲット手段として、レーザビーム
によって形成される光スポットが利用される。先ず、準備作業と教示作業の概略
を、図 9 ～ 図 1 4 を参照図に加えて説明する。図 9 は準備作業の諸段階の内 P R
1 ～ P R 3 を説明するための図であり、図 1 0 は残りの段階 P R 4 ～ P R 6 を説
明するための図である。また、図 1 1 は、教示作業の諸段階の内 T H 1 ～ T H 3
10 を説明するための図、図 1 2 は段階 T H 4、P R 5 を説明するための図である。

〔2〕 準備作業（教示希望位置到達状態表現データの取得とカメラのキャリブ
レーション）

（P R 1）先ずフランジ位置 2 a で代表されるロボットの手先に、カメラ 2
1 に加えて、レーザヘッド 2 2（図 2 中に示したレーザ発振器 6 0 の照射ヘッド）
15 と参照ツール 2 5 を取り付ける。レーザヘッド 2 2 は適当な調整機構 2 3 を介し
て取り付けられており、レーザビーム 2 4 の投光方向を調整出来るようになって
いる。参照ツール 2 5 の先端付近の矢印 2 7 で示した部分には、T C P（2 b）
を表わすマーク 2 6 が設けられている。但し、このマーク 2 6 は目視用のもので
あることに注意する必要がある。図示されているように、レーザヘッド 2 2 を取
20 り付けただけの状態では、一般に、レーザビーム 2 4 が参照ツール 2 5 上のマー
ク 2 6 には入射しない。

（P R 2）レーザヘッド 2 2 の向きを調整して、レーザビーム 2 4 が参照ツ
ール 2 5 上のマーク 2 6 に入射するようにする。これにより、マーク 2 6 の位置、
即ち、T C P の位置 2 b に光スポットが形成される。レーザヘッド 2 2 は、以後、
25 この状態で固定される。

（P R 3）この状態で、ロボット制御装置 3 0 を介してカメラ 2 1 による撮
影を行なわせ、教示希望位置到達状態表現データを作成するための画像を取得す
る。取得された光スポットの画像は画像処理装置 2 0 内で画像処理され、カメラ
2 1 のカメラ座標系（原点 O c）から見た光スポット（T C P 位置 2 b にある。）

の方向を表わすベクトル $\langle et \rangle$ のデータが作成・記憶される。このデータが、
教示希望位置到達状態表現データとして後に利用される。

(PR 4) $\langle et \rangle$ のデータを取得したら、参照ツール 25 を取り外す。
レーザヘッド 22 は固定されたままなので、図示されているように、レーザビーム 24 は空中で TCP (2b) を通ることになる。

(PR 5) カメラ座標系の原点 Oc から見たレーザビーム 24 の存在方向を表わすベクトルとして、ベクトル $\langle eh \rangle$ のデータを作成・記憶する。 $\langle eh \rangle$ は、次の 2 条件を満たすベクトルである。

条件 1 ; ベクトル $\langle et \rangle$ とレーザビーム 24 が張る平面内にある。

10 条件 2 ; $\langle eh \rangle \perp \langle et \rangle$ を満たす $\langle eh \rangle$ の内、カメラ 21 からレーザヘッド 22 を見た方向に近い方のベクトルである。 $\langle eh \rangle$ は、例えば図 13 に示した方法で求めることが出来る。

即ち、ロボットをジョグ送りで適当な平面（ここでは代表ワーク面 3a を利用する。）の上方に移動させ、レーザビーム 24 のスポット F を形成する。そして、
15 図 13 の (1) に示したように TCP 位置 2b が面 3a の上方にある状態から、ロボットの面 3a への接近により、図 13 の (2) に示したように TCP 位置 2b が面 3a の下方に来る状態を作る。換言すれば、スポット F の位置が TCP 位置 (2b) を見るカメラ 21 の視線 21a と面 3a の交点 N を越えて図 13 の (1) の状態から反対側に来るようにする。

20 この状態で、カメラ 21 による撮影を行ない、スポット F の画像を取得する。そして、画像処理装置 20 内で画像処理を行い、カメラ座標系から見たスポット F の方向を表わすベクトル $\langle es \rangle$ のデータを求める。ベクトル $\langle eh \rangle$ は、この $\langle es \rangle$ を用いて次式 (47) で算出される。

$$25 \quad \langle eh \rangle = \frac{\langle et \rangle \times \langle es \rangle}{\| \langle et \rangle \times \langle es \rangle \|} \quad \dots (47)$$

(PR 6) カメラ 21 のキャリブレーションを行なう。これは、ロボット手先のフランジ面上に設定されているフランジ座標系 (2a が原点) とカメラ座標系の関係を求めるためのものである。カメラのキャリブレーションの手法については方式 1 の説明で述べた通り種々のものが利用可能である (マーク部材による

手法を利用しても良い)。

〔3〕方式2による教示作業

(TH1) 先ず、ロボットをジョグ送りで最初の教示希望位置が存在する代表ワーク面3aの上方に移動させ、レーザビーム24のスポットFを代表ワーク面3a上に形成する。教示希望位置Aは、視覚センサで認識可能な適当な教示点マークで予めマーキングしておくものとする。図11で示した状態のフランジ位置2aを自律移動開始位置Psとし、位置Psから自律移動を開始するものとする。なお、後述するように、ジョグ送りから自律移動への移行は、例えば視覚センサ出力を利用した自動切換とすることが出来る。

図11に示されているように、TCP位置2bは面3aの上方にあり、レーザビーム24はこの点を経て面3a上にスポットFを形成する。この段階TH1では、一般に、教示点マークA、スポット位置F及びTCP(2b)の3点は互いに別の位置にある。また、カメラ21から教示点マークAを見た視線21aはTCP(2b)を通らない。

(TH2) 自律移動の処理によってロボットを動作させ、カメラ21から教示点マークAを見た視線21aがTCP(2b)を通るようにする。ロボットの動作としては、カメラ座標系の原点Oc周りの回転が合理的である。

(TH3) 自律移動の処理によってロボットを動作させ、視線21aがTCP(2b)を通る条件を出来るだけ守りながら、スポットFの形成位置を教示点マークAに接近させる。ロボットの動作としては、視線21a方向の前進に適宜Oc周りの回転を組み合わせたものとする。

(TH4) 視線21a方向の前進が過剰になったら、視線21aがTCP(2b)を通る条件を出来るだけ守りながら、適宜視線21a方向に沿って後退し、適宜カメラ座標系の原点Oc周りの回転を組み合わせる。

(TH5) 以下、TH3の動作(前進)とTH4(後退)の動作を繰り返して、スポットFの形成位置を教示点マークAに収束させる。この収束点は、TCP(2b)を通り、且つ、教示点マークAを見る視線21aとTCP(2b)を通るレーザビームの交点に他ならないから、従って、結局は教示点マークA、スポット位置F及びTCP(2b)の3点が同じ位置に来ることになる。これはと

りもなおさず、教示対象点たる TCP (2b) が教示希望位置に到達したことを意味する。この時のフランジ位置 2a の位置を、方式 1 の場合と同じく、Pt で表わす。

そこで、この状態におけるロボット位置を制御手段（ロボット制御装置内の不揮発性メモリ）に記憶すれば、位置 A の位置教示が完了する。教示希望位置（教示点マーク）が複数ある場合（図示は省略するが、例えば図 1 中の代表ワーク 3 上の点 A1 ~ A4 を参照）、2 番目以降の各教示点マークに関して上記プロセス TH1 ~ TH5 を適用すれば良い。

[4] 方式 2 における教示希望位置自律移動時の処理

上記 [2] で説明したプロセスに従って、自律移動開始位置 Ps（フランジ位置で表現）から教示希望位置 Pt（同じく、フランジ位置で表現）への移動を達成するための処理のアルゴリズムを説明する。記号 < > は方式 1 の場合と同じくベクトルを表わすが、ベクトルの定義内容等は方式 1 とは別個である。自律的な移動は、図 15（L1 ~ L12）及び図 16（L13 ~ L19）のフローチャートに概略を記したアルゴリズムに従った処理サイクルに基づいて実行される。以下、各ステップに分けてアルゴリズムを中心に説明する。説明中の諸記号の意味は次の通りである。

$\sigma 0, \sigma 1$; いずれもロボットの前進／後退を表わすフラグで ± 1 の値をとる。 $+1$ は前進を意味し、 -1 は後退を意味する。

1 ; ロボットの前進／後退の刻み量を表わすレジスタ値

< dm > ; 図 14 に示したように、カメラ座標系の原点 Oc から教示点マーク A を見た視線方向を表わす単位ベクトル（長さ 1）で、画像データから求められる。

< ds > ; 同じく図 14 に示したように、カメラ座標系の原点 Oc からスポット位置 F（レーザビーム 24 の入射位置）を見た視線方向を表わす単位ベクトル（長さ 1）で、< dm > と同様、画像データから求められる。

T ; ロボット座標系上で、ロボットの位置・姿勢を表わす行列

$\delta r, \delta l$; いずれも適当なしきい値で、0 に近い正の定数。

R ; < dm > と < et > の方向の関係を記述する回転行列で、 $R < et >$

$= \langle d_m \rangle$ となる 3×3 行列の内、最小の回転を表わすもの。

$s g n$; 符号関数で、次のように定義される。

$$s g n (x) = +1 \quad (x > 0)$$

$$s g n (x) = 0 \quad (x = 0)$$

5 $s g n (x) = -1 \quad (x < 0)$

〔L 1〕フラグ $\sigma 0$ を 1 に初期設定する。また、1 を適当な初期値（例えば $3 c m$ ）に初期設定する。

〔L 2〕行列 T のデータを表わすレジスタ値をロボットの現在位置に基づいて更新する。

10 〔L 3〕カメラ 2 1 を用いて撮影を行い、画像処理装置 2 0 を用いてベクトル $\langle d_m \rangle$ を求めることを試みる。

〔L 4〕もし、ベクトル $\langle d_m \rangle$ が求められなければ、教示点マーク A がカメラ視野で捉えられていないことが考えられるので、処理を終了する（オペレータは、ジョグ送りでロボット位置を調整し、教示点マーク A が確実にカメラ視野で捉えられる状態とする）。ベクトル $\langle d_m \rangle$ が求められた場合には、ステップ L 5 へ進む。

〔L 5〕ベクトル $\langle e_t \rangle$ とベクトル $\langle d_m \rangle$ の外積 $\langle d_r \rangle$ を求める。
 $\langle d_r \rangle = \langle e_t \rangle \times \langle d_m \rangle$

〔L 6〕ベクトル $\langle d_r \rangle$ の絶対値をしきい値 δr と比較し、小さくなければステップ L 7 へ進む。小さければステップ L 1 0 へ進む。

〔L 7〕 $\langle d_m \rangle$ と $\langle e_t \rangle$ の方向の関係を記述する回転行列 R を表記の式で算出する。なお、表記の算出式は、下記の連立方程式を R について解いて得られるものである。

$$R \langle e_t \rangle = \langle d_m \rangle \quad \dots (48)$$

25 $R \langle d_r \rangle = \langle d_r \rangle \quad \dots (49)$

〔L 8〕行列 T のデータを表わすレジスタ値を、新しい部分行列 R を含む表記の行列に対するものに更新する。この行列は、下記の方程式 (50) を T_g について解き、 $T_g \rightarrow T$ としたものである。

$$T_g C = T C \begin{bmatrix} R & 0 \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \quad \dots (50)$$

5 〔L 9〕 ロボットを動作させ、ステップ L 8 で計算された行列 T の表わす位置・姿勢に移動させるための処理を行い、ステップ L 2 へ戻る。

〔L 10〕 ステップ L 6 で、ベクトル $\langle dr \rangle$ の絶対値がしきい値 δr より小さいと判断されたら、初めてこのステップ L 10 が実行される。本ステップでは、カメラ座標系の原点 O_c からスポット位置 F を見た視線方向を表わす単位ベクトル $\langle ds \rangle$ を、画像データから求めることを試みる。

10 〔L 11〕 ベクトル $\langle dr \rangle$ の絶対値がほぼ 0 となっているこの時点 (TCP を見る視線と教示点マークを見る視線が実質一致) でスポット F がカメラ視野に収まらないことは、システム異常や設計ミス等がない限り起こり得ないと考えられる。従って、殆どのケースでは、ベクトル $\langle ds \rangle$ が求められ、ステップ L 12 へ進む。しかし、万一 $\langle ds \rangle$ が求められない場合には処理を終了する (別途、原因究明等を行なう)。

〔L 12〕 $\langle ds \rangle$ と $\langle et \rangle$ が実質同じ向きで、且つ、内積 1 になっているかをチェックする ($\delta 1$ は非常に小さい正值であることに注意)。

〔L 13〕 ロボットの前進/後退を表わすフラグ $\sigma 1$ を、 $\langle ds \rangle$ と $\langle eh \rangle$ の内積が正ならば $\sigma 1 = -1$ 、負ならば $\sigma 1 = 1$ 、実質的に 0 ならば $\sigma 1 = 0$ とする。

〔L 14〕 $\sigma 1 = 0$ であればステップ L 15 に進む。 $\sigma 1 = 0$ でなければステップ L 16 へ進む。

〔L 15〕 $\sigma 1$ を $\sigma 0$ に更新し、ステップ L 18 へ進む。

〔L 16〕 $\sigma 1$ と $\sigma 0$ の積が正であればステップ L 18 へ進む。負であれば

25 ステップ L 17 へ進む。

〔L 17〕 $\sigma 0$ を $\sigma 1$ に更新するとともに、1 の値を半減する。

〔L 18〕 行列 T のデータを表わすレジスタ値を、表記の行列に対するものに更新する。この行列は、下記の方程式 (51) を T_g について解き、 $T_g \rightarrow T$ としたものである。

$$T_g C = T C \begin{bmatrix} 1 & \sigma | | < \theta t > \\ t_0 & 1 \end{bmatrix} \dots (51)$$

5 [L 1 9] ロボットを動作させ、ステップ L 1 8 で計算された行列 T の表わす位置・姿勢に移動させるための処理を行い、ステップ L 2 へ戻る。

以上説明したアルゴリズムに従った処理サイクルの中で、いずれかの時点でステップ L 1 2 でイエスの判断出力が得られたなら、図 1 2 の (T H 5) に示したような教示希望位置到達状態が実現したと解し、ロボットを停止させて処理を終了する。

10 以上、方式 1、方式 2 の実施形態についての説明から理解されるように、本発明に従えば、予め入力された教示希望位置到達状態の位置および姿勢となるように自律的にロボットの教示希望位置への移動が行なわれるので、作業効率が向上する。

15 更に、方式 1、方式 2 いずれの実施形態においても、マニュアル指令入力によるジョグ送りのモードから、自律的に教示希望位置へ向かう自律移動のモードの切換を制御手段（ロボット制御装置 3 0 及び画像処理装置 2 0）の内部の処理で自動化することが好ましい。

20 図 1 7 は、ジョグ送りのモードから自律移動のモードへの切換をシステム内部で行なう場合について、教示操作盤の操作手順と処理の概要をフローチャートで示したものである。各ステップの処理を簡単に記すと次のようになる。本例ではモード切換のタイミングの決定に、視覚センサの出力を利用している。

〔S 1〕ジョグ送りボタン 4 7（いずれか 1 つ）が押されてジョグ送りの指令がなされたか否かを判断し、なされればステップ S 2 に進み、なされなければステップ S 1 を繰り返す。

25 〔S 2〕ジョグ送りボタン 4 7 で指定された移動内容（方向、軸等）に応じて、所定の軸を制御して、ロボット 1 0 のジョグ送り移動を開始する。例えば、J 6 軸 + 方向の移動が指定されていれば、J 6 軸を + 方向へ進める移動指令を作成してサーボに渡す。

〔S 3〕ジョグ送りボタン 4 7 がオフにされたか否かを判断し、オフにされれば

ステップ S 8 に進み、されなければステップ S 4 に進む。

〔S 4〕画像処理装置 20 から、カメラ 13 の視野内に教示点マーク A（方式 2 の場合、及びスポット F）が入ったことを知らせる信号の受信の有無を確認し、受信していればステップ S 5 に進み、受信していなければステップ S 3 に戻る。

5 〔S 5〕自律移動の処理を開始する。具体的な処理内容の例については、方式 1、方式 2 に分けて前述した通りである。

〔S 6〕ジョグ送りボタン 47 がオフにされたか否かを判断し、オフにされていればステップ S 8 に進み、されていなければステップ S 7 に進む。

10 〔S 7〕教示希望位置へ到達したか否かを判断し、到達していればステップ S 8 に進み、未到達であればステップ S 6 に戻る。なお、教示希望位置到達／未到達の判断方法についても、方式 1 及び方式 2 の説明の中で述べた通りである。

〔S 8〕ロボット 2 の各軸の動作を停止させる。

15 本発明によれば、教示希望位置に到達した際に観測されるところの視覚ターゲット手段の画像上の位置のデータが予め入力されているので、視覚ターゲット手段をナビゲート指標のように用い、ロボットを教示希望位置へ向けて自律的に移動させることが出来る。従って、ロボットの位置教示作業に要するオペレータの負担が大幅に軽減される。特に、ジョグ送りから自律移動への移行をシステム内の自動切換で行うことで、位置教示作業時のロボットの至便性を更に向上させることも出来る。

20

25

請 求 の 範 囲

1. ロボットと該ロボットの手先部に取り付けられたカメラ手段並びに該カメラ手段を通して取得された画像を処理する画像処理手段を備えた視覚センサと、ロボット制御装置とを含むシステムの制御手段を用いて前記ロボットを教示希望位置へ移動させるためのロボットの移動制御方法であって、

(a) ワーク上の教示希望位置と一定の関係をもって、該ワーク上に視覚ターゲットを設けて、

(b) ロボットを手動で移動させて、ロボットのツール先端点を上記視覚ターゲットの代表点に一致させ、教示希望姿勢をとらせ、

(c) ロボットが上記(b)の位置姿勢にあるときに上記カメラ手段で撮影をし、上記画像処理手段で処理することにより、ロボットが上記教示希望位に到達したときの状態における、上記視覚ターゲットとロボット手先先端との相対位置関係を表すデータをメモリに入力し、

(d) 上記(c)のデータと、移動中の各時点で視覚センサが認識した、前記ロボット手先と前記視覚ターゲットとの相対的な位置関係を表すデータとに基づいて、ロボットを前記教示希望位置に到達させるべく自律的に移動制御する、上記の方法。

2. ロボットと該ロボットの手先部に取り付けられたカメラ手段並びに該カメラ手段を通して取得された画像を処理する画像処理手段を備えた視覚センサと、ロボット制御装置とを含むシステムの制御手段を用いて前記ロボットを教示希望位置へ移動させるためのロボットの移動制御方法において、

少なくとも一つの教示希望位置に関して教示希望位置到達状態を表現する教示希望位置到達状態表現データを前記制御手段に記憶させる教示希望位置到達状態記憶段階と、

前記制御手段による前記ロボットの移動制御によって前記ロボットを前記教示希望位置へ移動させる教示希望位置移動段階と、

教示位置データを前記制御手段に記憶させる教示位置記憶段階とを含み、

前記教示希望位置移動段階は、該教示希望位置への移動を前記教示希望位置到達状態表現データに基づいて自律的に行なわせる自律移動実行段階を含んで

おり、

前記教示希望位置到達状態表現データは、前記視覚センサによって認識可能な視覚ターゲット手段を用いて表現された前記視覚センサから見て教示希望位置到達状態と等価な教示希望位置到達等価状態を前記視覚センサが認識することを通して取得されるものであり、

前記視覚ターゲット手段は、前記自律移動段階においては、前記視覚センサによって認識されることを通して前記ロボットを前記教示希望位置へ案内するための案内視覚ターゲット手段を提供するものであり、

前記自律移動段階における前記ロボットの移動制御は前記制御手段内のソフトウェア処理によって行なわれ、

前記ソフトウェア処理は、前記視覚センサによる前記案内視覚ターゲット手段の認識状態が、前記教示希望位置到達状態表現データに対応する認識状態と一致するように前記ロボットを誘導するための処理を含んでいる、
前記方法。

3. 前記視覚ターゲット手段が、前記視覚センサによって認識可能なマーク座標系を含むマーク手段であり、

前記教示希望位置到達状態記憶段階で記憶される教示希望位置到達状態表現データが、画像上における前記マーク座標系の位置・姿勢を表わすデータを含んでおり、

前記マーク手段は、前記案内視覚ターゲット手段を提供するために、前記教示希望位置と一定の相対関係を持つ位置に前記マーク座標系を用意するものである、請求の範囲第2項に記載された、ロボットの位置教示のための移動制御方法。

4. 前記マーク手段が、教示作業の対象とされる代表ワークの面上に固定可能なマーク部材であり、該マーク部材上に前記マーク座標系が描かれている、請求の範囲第3項に記載されたロボットの位置教示のための移動制御方法。

5. 前記視覚ターゲット手段が、前記ロボットに支持された光ビーム投光手段によって投光面上に形成される光スポットであり、

前記教示希望位置到達状態記憶段階において、前記教示希望位置到達等価状

態を前記視覚センサに対して用意するために、前記光スポットを前記ロボットの
の教示対象点に一致する位置に形成するための参照投光面が配置され、

該参照投光面上に形成された光スポットを前記視覚センサによって認識する
ことを通して、前記光スポットの画像上の位置を表わすデータを含むように前
5 記教示希望位置到達状態表現データが取得され、

前記自律移動段階は、前記参照投光面を除去し、且つ、前記教示希望位置到
達等価状態において前記カメラから見た前記光ビーム投光方向を維持した状態
で実行されるものであり、

前記自律移動実行段階における前記ロボットの移動制御は、前記教示希望位
10 置の存在する面上に前記光ビームを投光して形成される光スポットを前記案内
視覚ターゲット手段として用いて行なわれ、且つ、前記ロボットの移動制御の
ための前記ソフトウェア処理は、前記視覚センサによる前記光スポットの認識
状態が、前記教示希望位置到達状態表現データに対応する認識状態と一致する
ように前記ロボットを誘導するための処理を含んでいる、請求の範囲第2項に
15 記載されたロボットの位置教示のための移動制御方法。

6. 前記教示希望位置への移動実行段階には、前記自律教示希望位置への自律移
動実行段階に先立つジョグ送りの段階が含まれており、

前記ジョグ送り段階から前記自律教示希望位置への移動実行段階への移行が、
前記視覚センサの出力に基づいて前記制御手段によって自動的に行なわれる、
20 請求の範囲第2項乃至第5項のいずれか1項に記載されたロボットの位置教示
のための移動制御方法。

7. 前記教示希望位置への自律移動実行段階におけるソフトウェア処理が、当該
時点において前記視覚センサによって認識される前記案内視覚ターゲット手段
の画像上の位置を表わすデータと、前記教示希望位置到達状態表現データとを
25 比較する処理と、前記比較結果に基づいてロボットの各軸を移動制御するため
の処理と、教示希望位置到達状態の完了／未完了を判定する処理を、教示希望
位置到達状態完了の判定がなされるまで逐次的に繰り返すものであり、

該教示希望位置到達状態完了の判定がなされた後に、前記教示位置記憶段階
が実行される、請求の範囲第2項乃至第5項のいずれか1項に記載されたロボ

ットの位置教示のための移動制御方法。

8. ロボットの手先部に取り付けられたカメラと、該カメラを通して取得された画像を処理する画像処理手段とを備えた視覚センサと、

5 教示作業の対象となるワーク上に、そのワーク上の教示希望位置と一定の関係をもって与えられる視覚ターゲットと、

ロボットが上記教示希望位に到達したときの状態における、上記視覚ターゲットとロボット手先先端との相対位置関係を表すデータをロボット制御装置におけるメモリに入力するための、教示希望位置到達状態表現データ入力手段と、

10 ロボットを教示希望位置に向けて移動させるためのジョグ送りなどの手動送り手段と、

ロボットの移動各時点におけるそのロボットの手先と前記視覚ターゲットとの相対的な位置関係を表すデータを取得するための、ロボット手先・視覚ターゲット相対位置認識手段と、

15 上記教示希望位置到達状態表現データ入力手段で入力されたデータと、上記ロボット手先・視覚ターゲット相対位置認識手段で認識されたデータとに基づいて、ロボットを前記教示希望位置に到達させるべく自律的に移動制御する、ロボット移動制御手段と、

から成る、位置教示のためのロボット移動制御システム。

20 9. 上記視覚ターゲットは、ワークに貼り付けることのできるマーク部材であり、そのマーク部材には上記視覚センサによって認識可能な座標形がドットパターンで描かれている、請求の範囲第8項記載の位置教示のためのロボット移動制御システム。

10. 上記ロボット移動制御手段は、

25 ロボットの移動各時点におけるロボットの手先の現在位置と、カメラ座標形から見た、ロボットの移動各時点における上記マーク部材における座標形の位置・姿勢と、

カメラ座標形から見た、ロボットが上記教示希望位に到達したときの上記マーク部材における座標形の位置・姿勢と、

上記ロボットの手先から見たカメラ座標形位置・姿勢とに基づいて、ロボッ

トを自律的に移動制御する機能を備えている、

請求の範囲第9項記載の位置教示のためのロボット移動制御システム。

11. 上記視覚ターゲットは、

ロボット手先に投光方向を調整可能に取り付けられたレーザ照射ヘッドと、

5 ロボット手先に取り外し可能に取り付けられる参照ツールとかなり、

しかも前記参照ツールには、ツール先端点にあたる箇所にマークが付されて
いて、そのため、レーザ照射ヘッドの投光方向を調整してレーザ照射ヘッドか
らのレーザ光がツール先端点を通過する状態を実現し確認できるようにした、
請求の範囲第8項記載の位置教示のためのロボット移動制御システム。

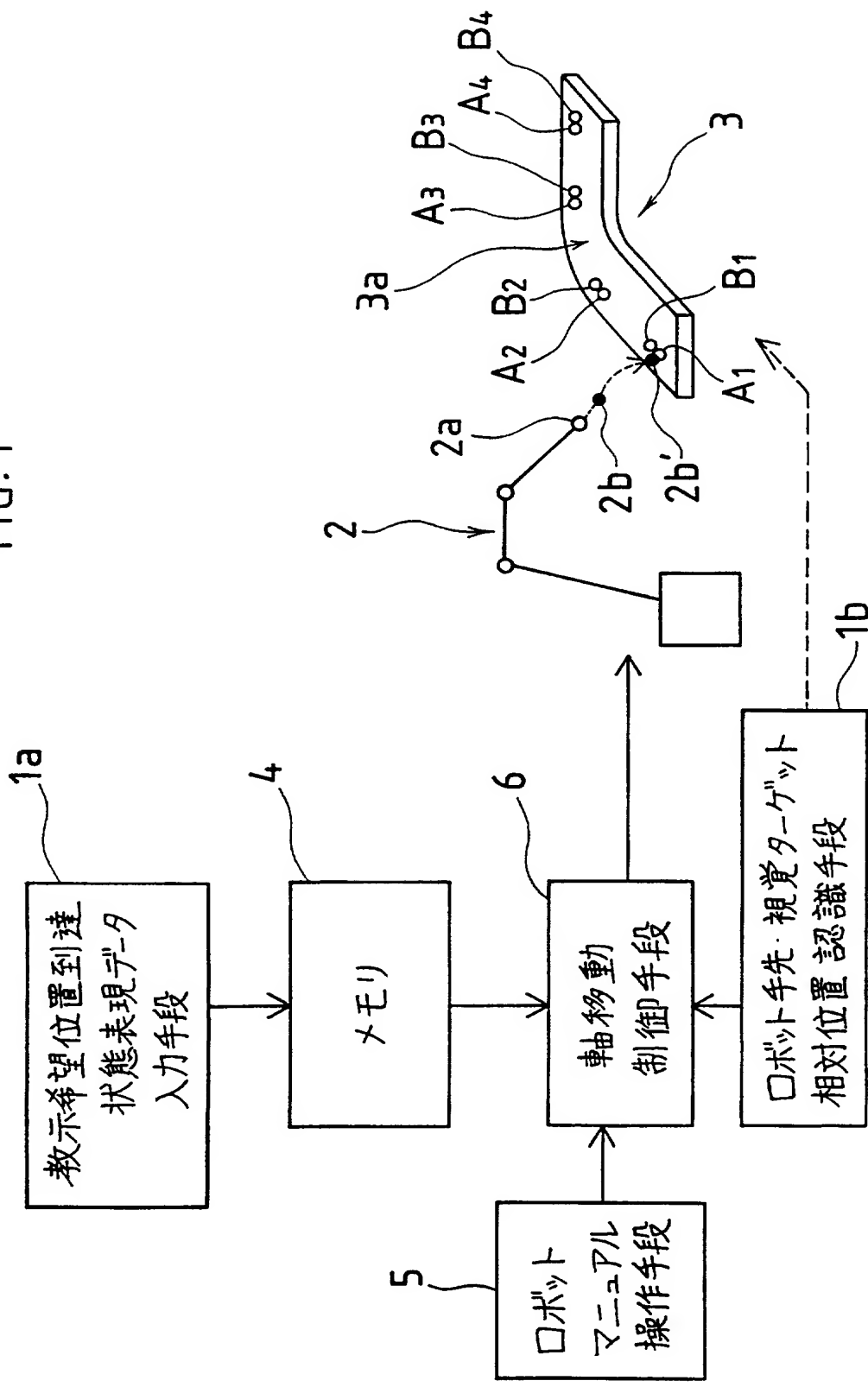
10

15

20

25

FIG. 1



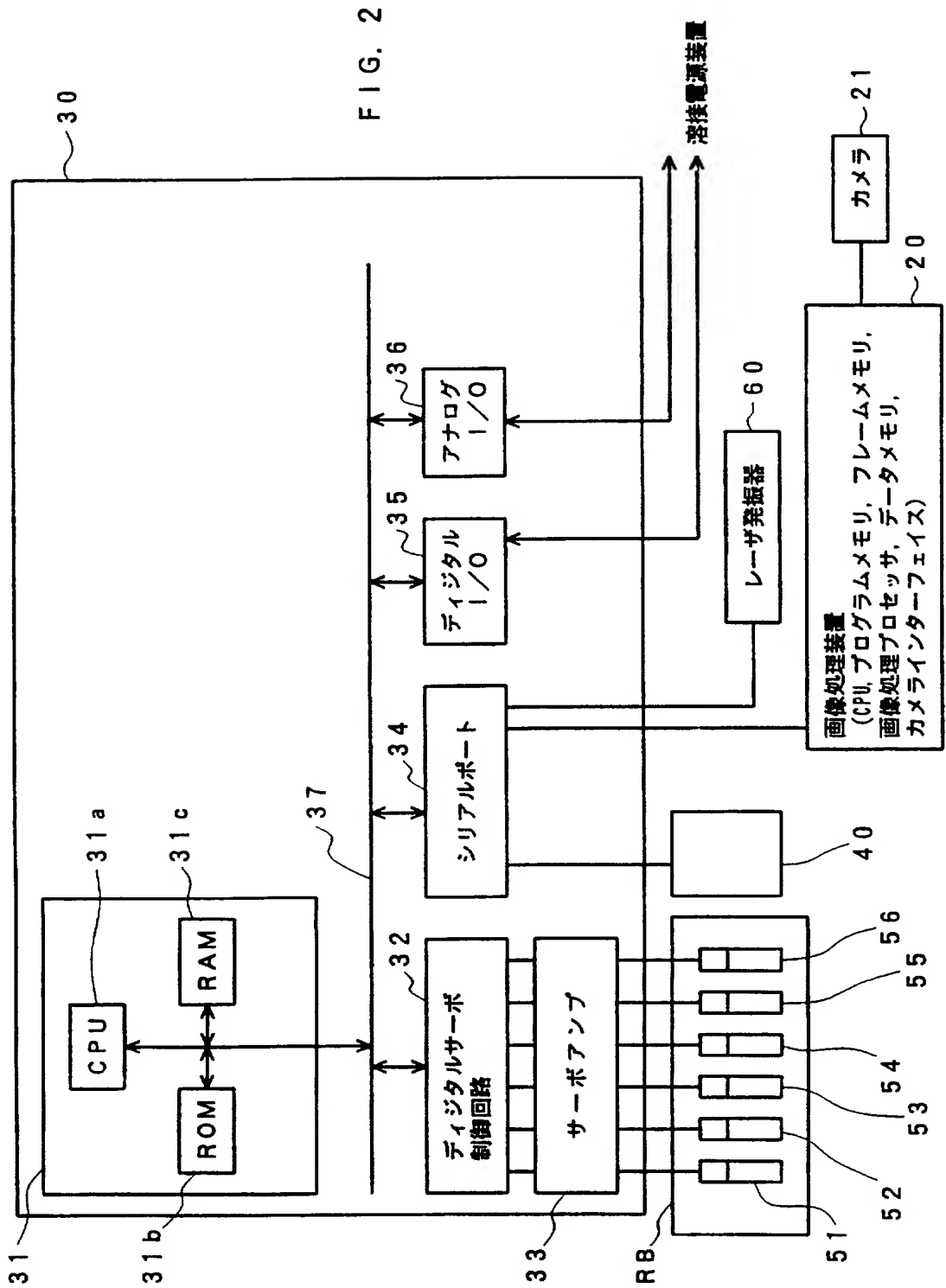


FIG. 3

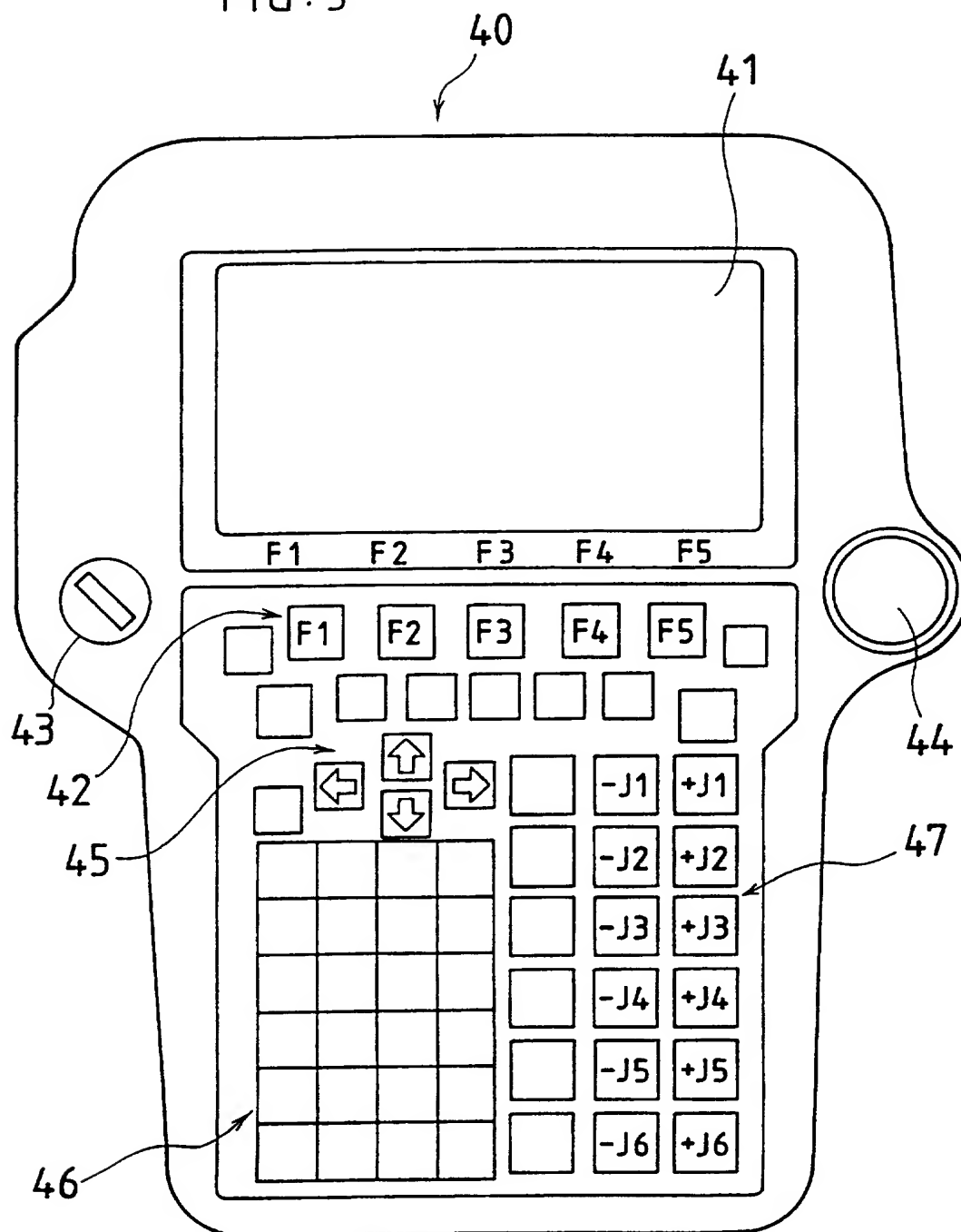
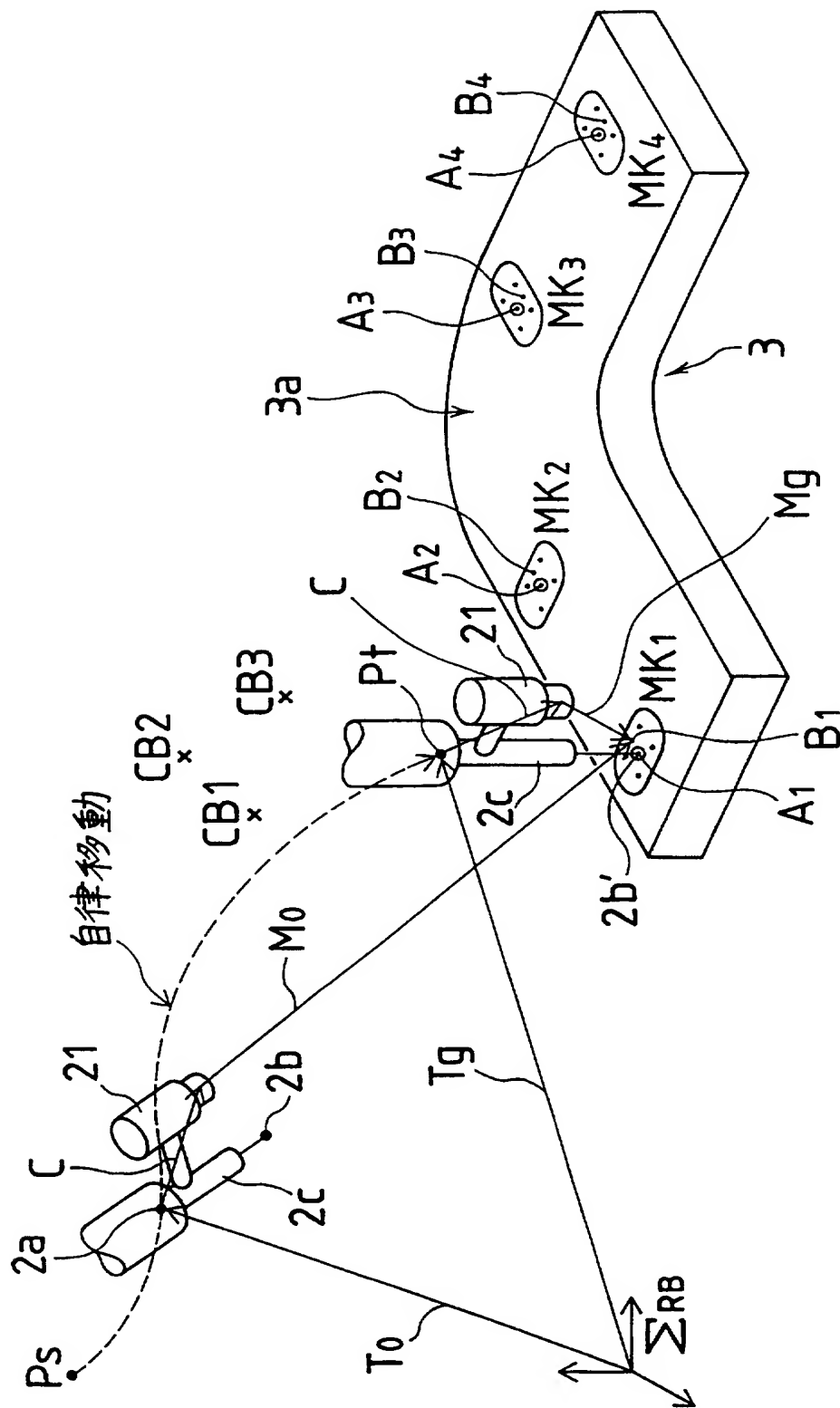


FIG. 4



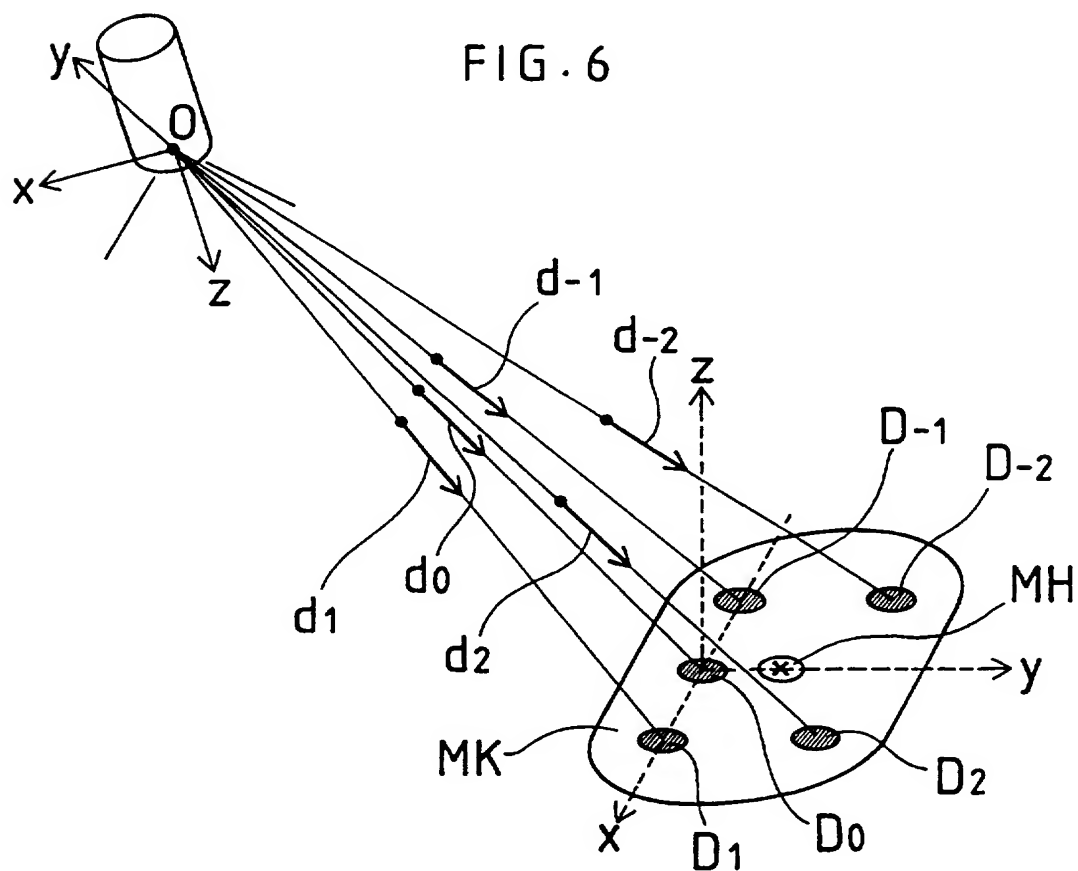
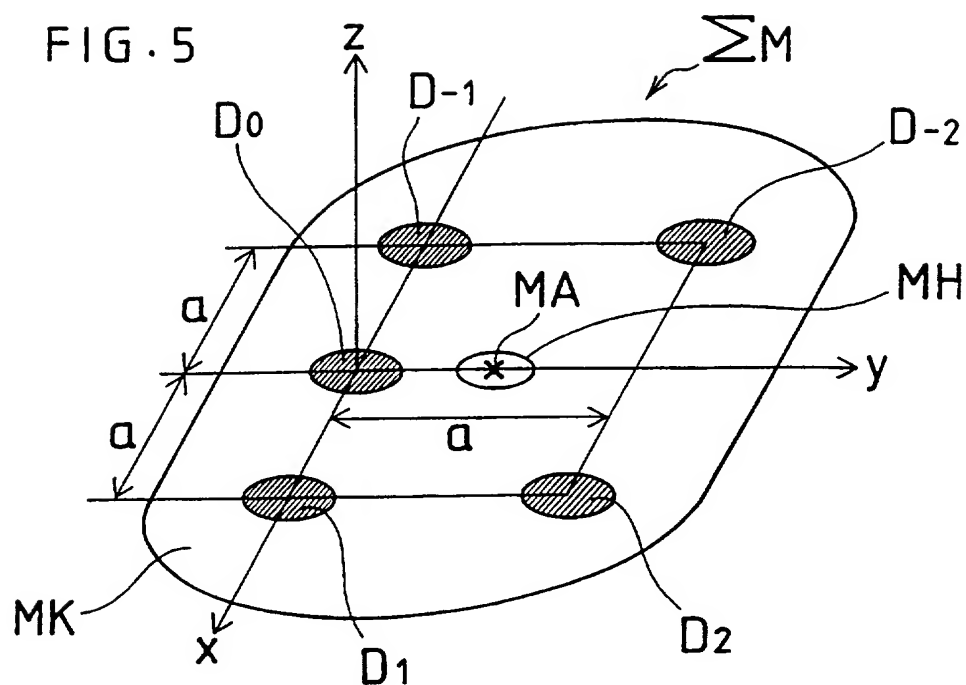


FIG. 7

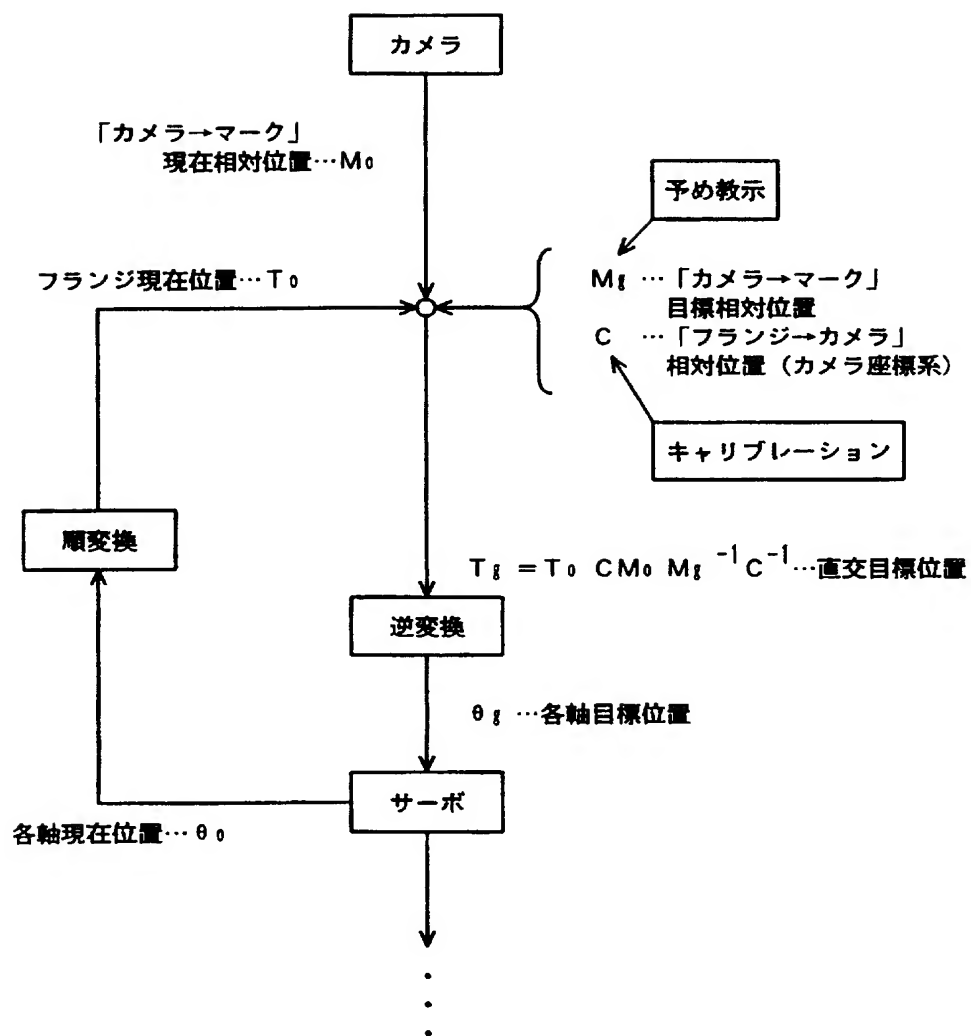


FIG. 8

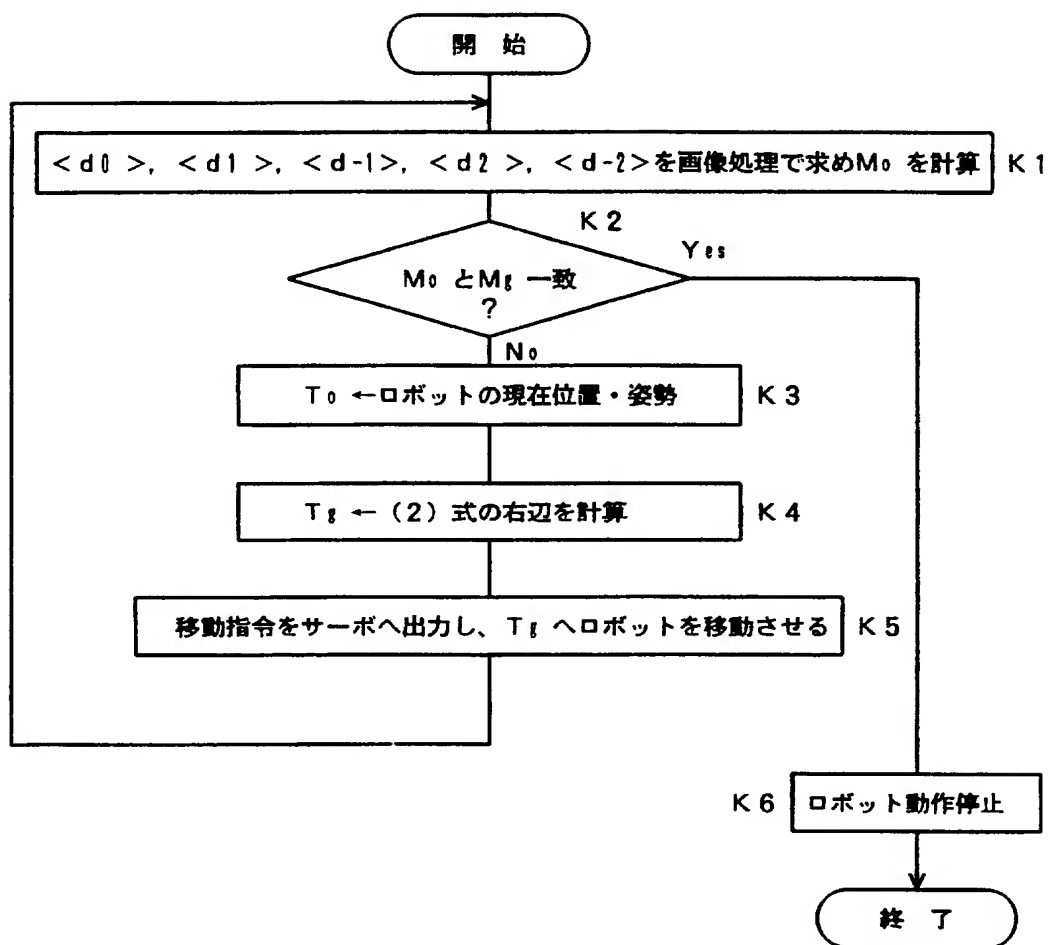
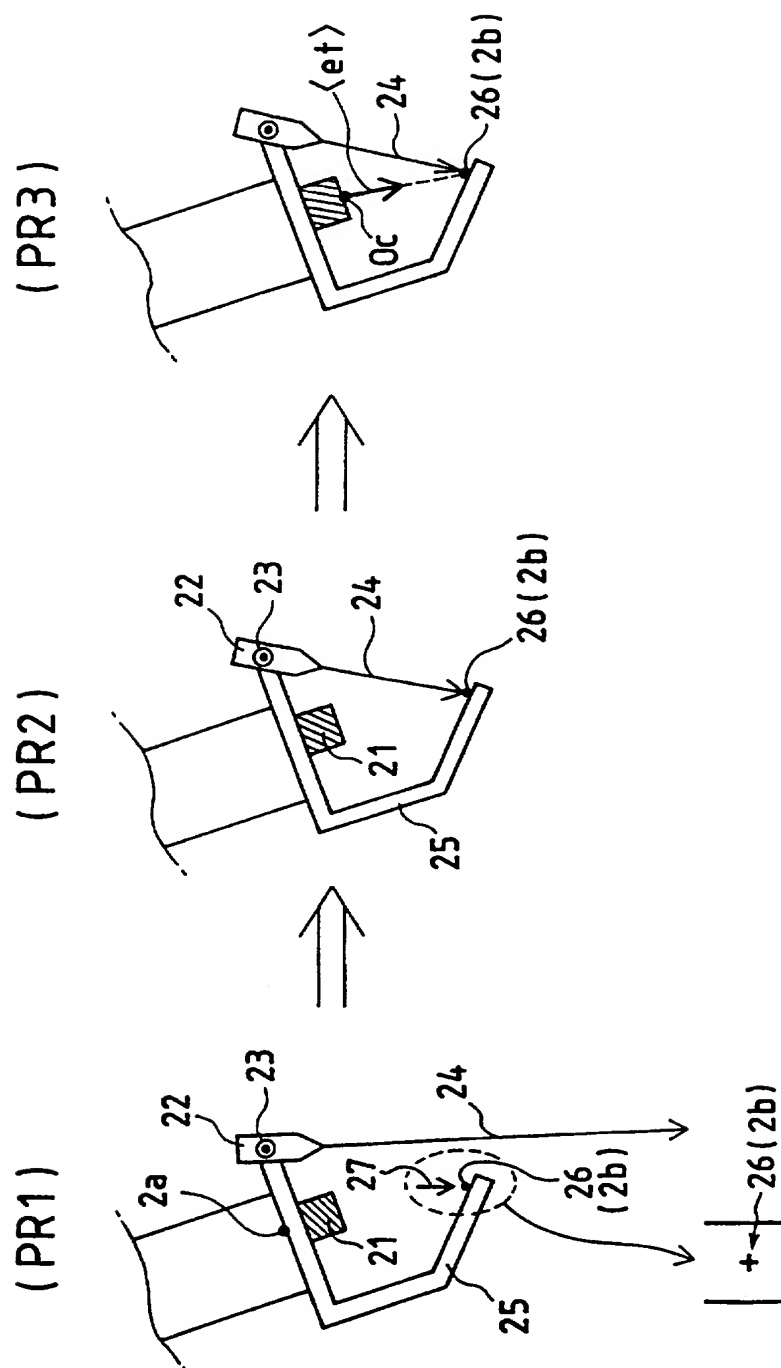


FIG. 9



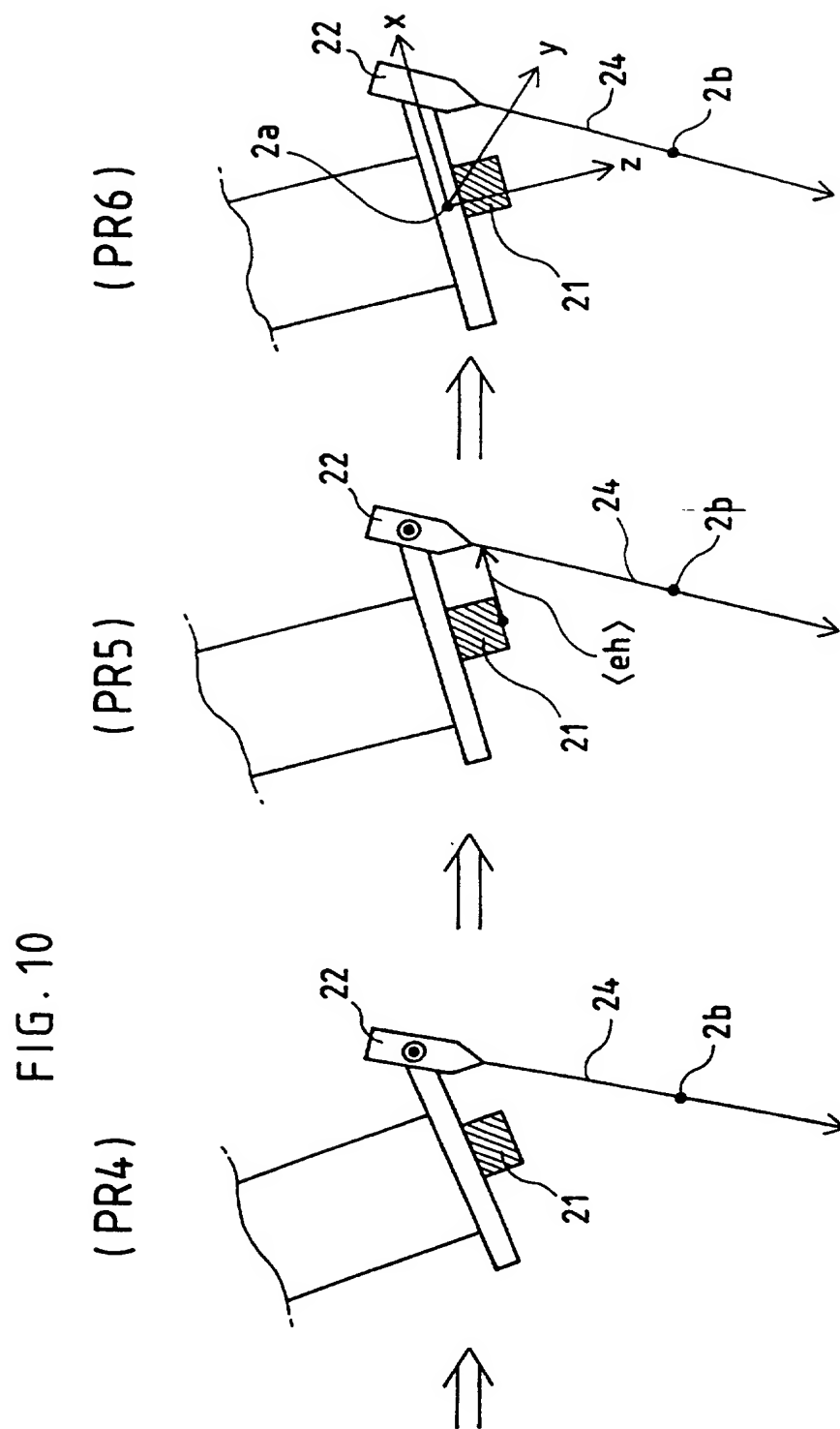


FIG.12

(TH4)

(TH5)

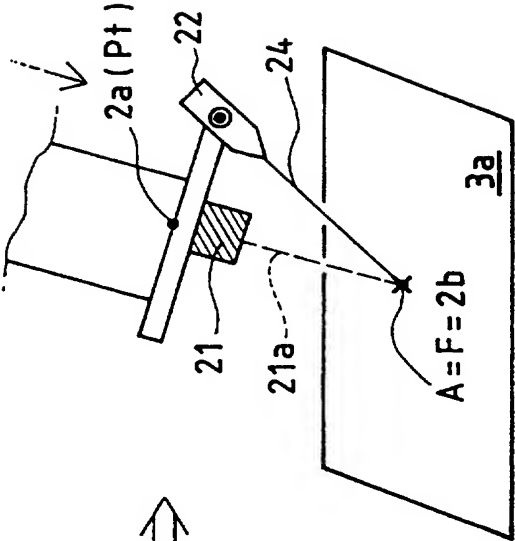
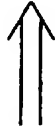
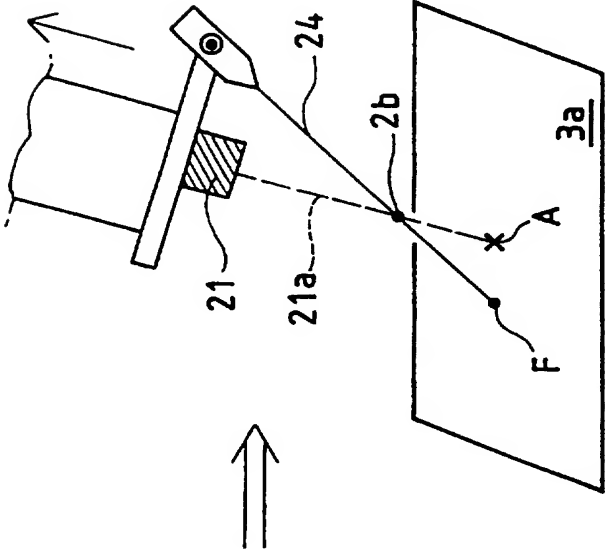


FIG. 13

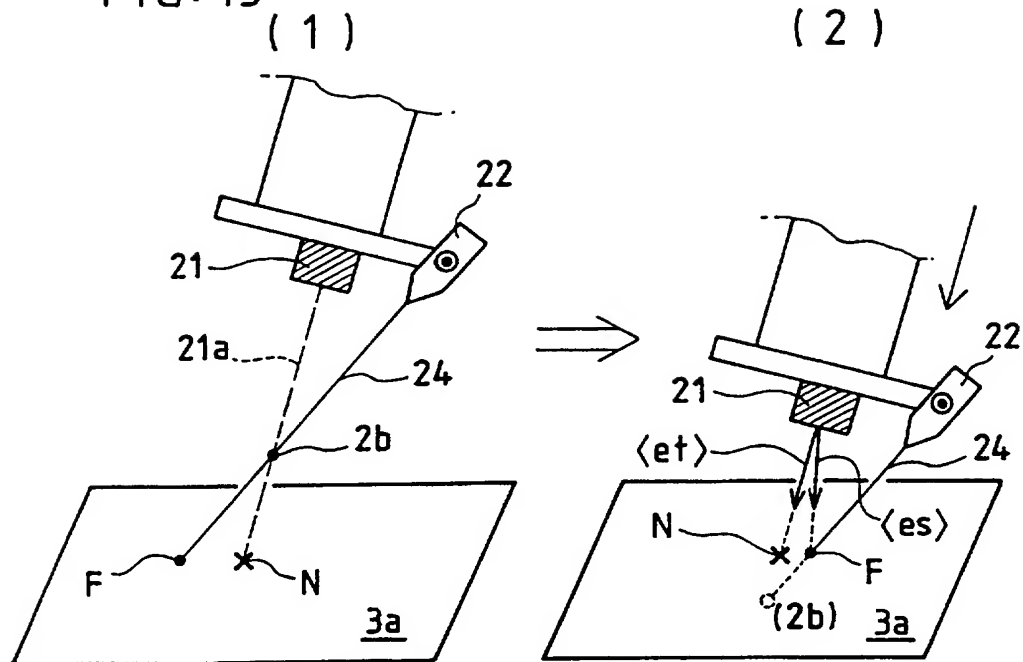


FIG. 14

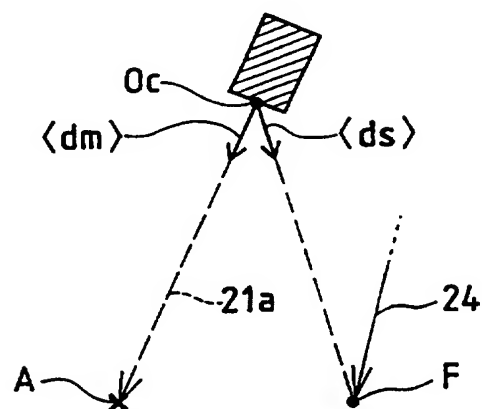


FIG. 15

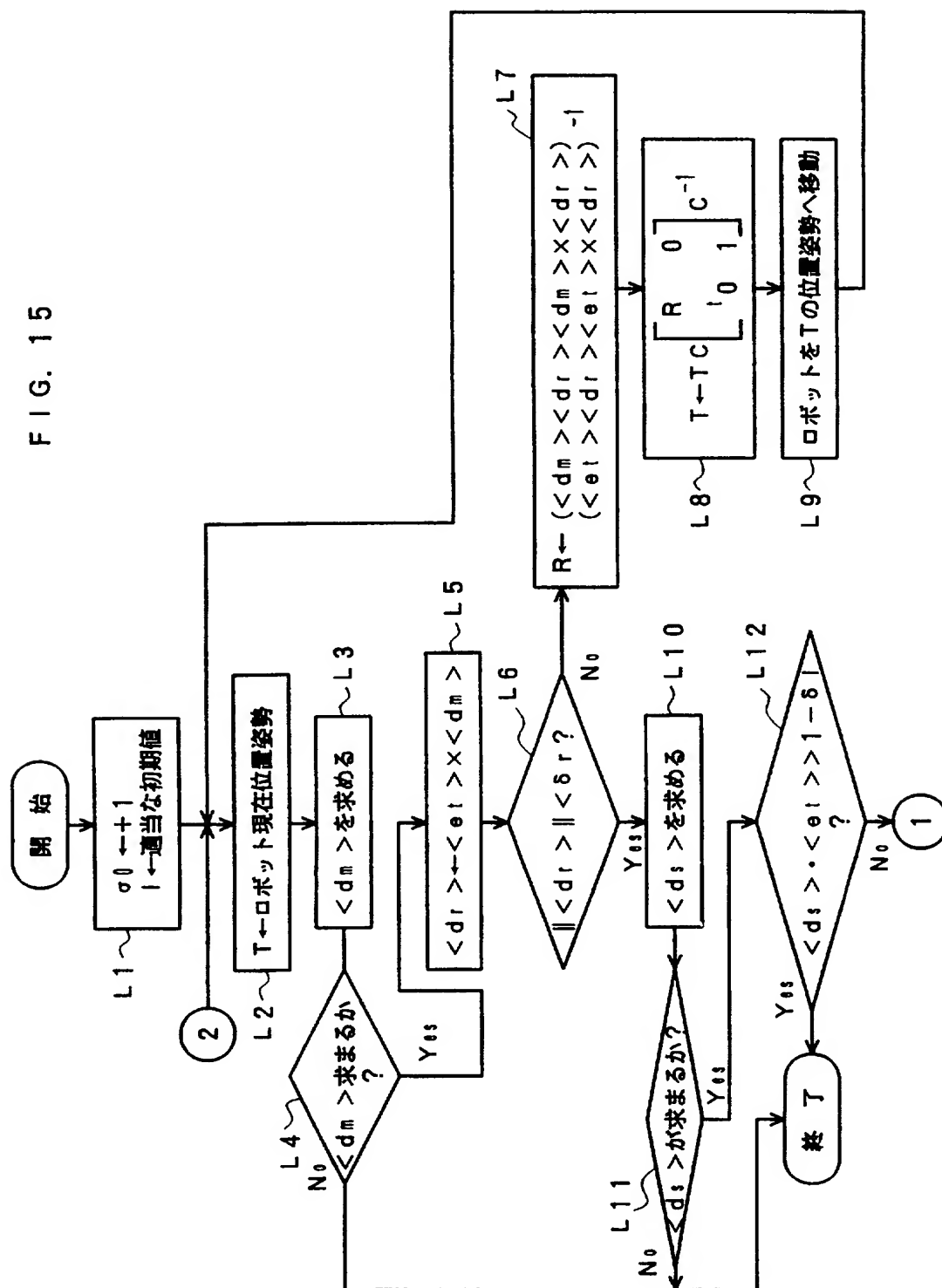


FIG. 16

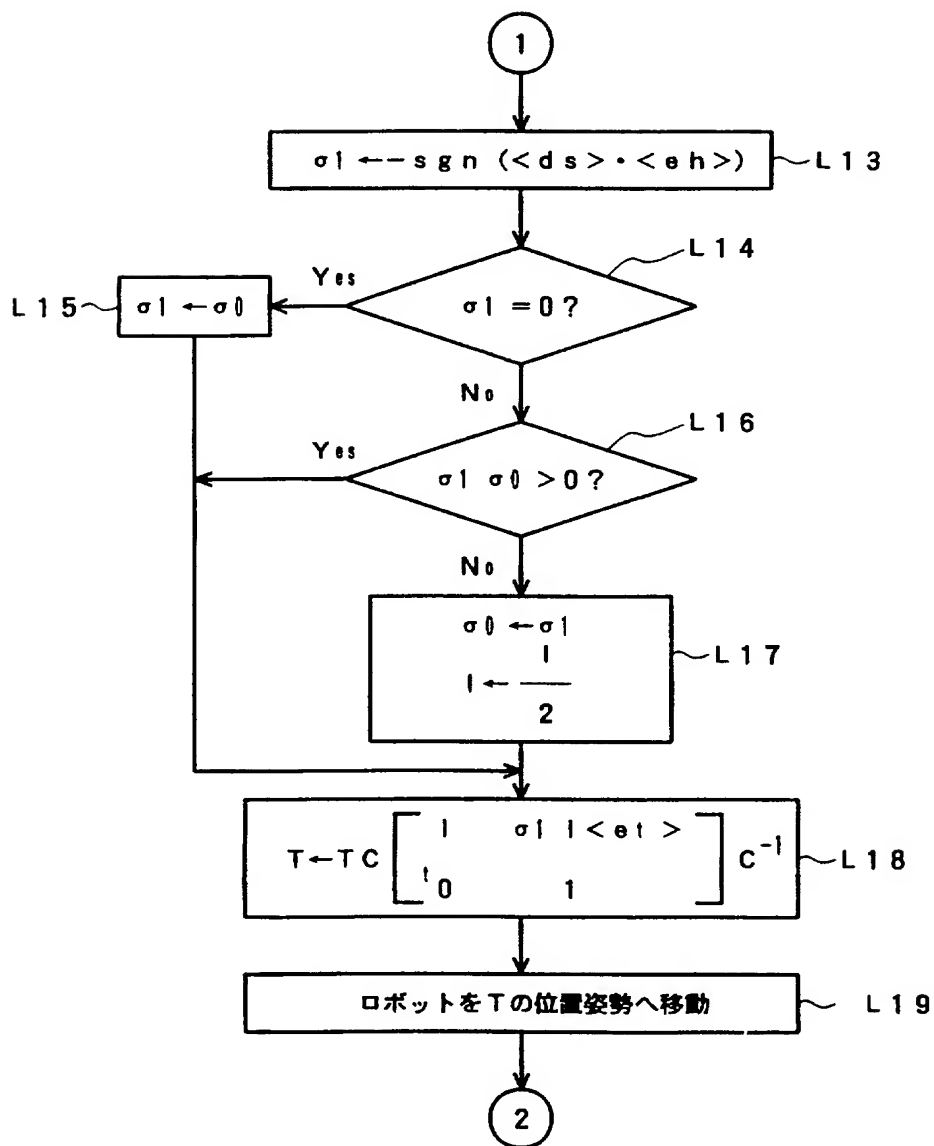
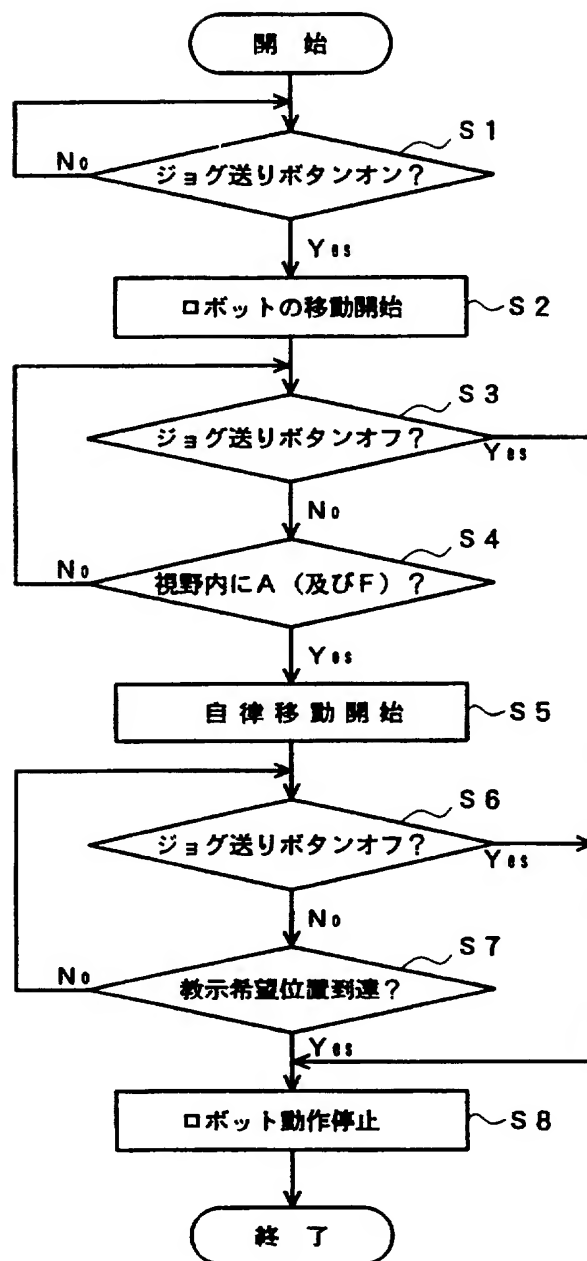


FIG. 17



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP97/02766

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl⁶ G05B19/427

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl⁶ G05B19/42, 19/423, 19/425, 19/427

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1965 - 1995

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971 - 1994

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 63-105893, A (Hitachi, Ltd.), May 11, 1988 (11. 05. 88), Page 2, upper left column, lines 11 to 18 (Family: none)	1-4, 6-10
X Y	JP, 62-95606, A (Toshiba Corp.), May 2, 1987 (02. 05. 87), Page 2, lower right column, line 1 to page 3, upper left column, line 6 & US, A, 4879664 & WO, A1, 9007690	1 2, 5-8, 11
X Y	JP, 5-88741, A (Shin Meiwa Industry Co., Ltd.), April 9, 1993 (09. 04. 93), Page 3, left column, line 30 to right column, line 45 (Family: none)	1 2, 5-8, 11
Y	JP, 1-46804, A (Shin Meiwa Industry Co., Ltd.), February 21, 1989 (21. 02. 89), Page 2, lower right column, line 9 to page 3, upper left column, line 3 (Family: none)	2, 5-8, 11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

October 31, 1997 (31. 10. 97)

Date of mailing of the international search report

November 11, 1997 (11. 11. 97)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G05B19/427

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁶ G05B19/42、19/423、19/425、19/427

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1965-1995年
 日本国公開実用新案公報 1971-1994年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP、63-105893、A (株式会社日立製作所)、 11. 5月、1988 (11. 05. 88)、 第2頁左上欄第11-18行 (ファミリーなし)	1-4、6-10
X Y	JP、62-95606、A (株式会社東芝)、 2. 5月、1987 (02. 05. 87)、 第2頁右下欄第1行-第3頁左上欄第6行&US、A、4879664 &WO、A1、9007690	1 2、5-8、11
X Y	JP、5-88741、A (新明和工業株式会社)、 9. 4月、1993 (09. 04. 93)、 第3頁左欄第30行-右欄第45行 (ファミリーなし)	1 2、5-8、11
Y	JP、1-46804、A (新明和工業株式会社)、 21. 2月、1989 (21. 02. 89)、 第2頁右下欄第9行-第3頁左上欄第3行 (ファミリーなし)	2、5-8、11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 先行文献ではあるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

31. 10. 97

国際調査報告の発送日

11.11.97

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

牧 初

印

3H

9064

電話番号 03-3581-1101 内線 3316